

Матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції
Материалы V Международной научно-практической конференции
Materials of the 5th international scientific and practical conference

**СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТА ІННОВАЦІЙНІ
ТЕХНОЛОГІЇ НА ТРАНСПОРТІ**

**СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ И
ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ТРАНСПОРТЕ**

**MODERN INFORMATION AND INNOVATION
TECHNOLOGIES IN TRANSPORT**

MINTT-2013

Збірка матеріалів конференції у двох томах

Том 2

Volume 2

**28-30 травня 2013 року
Херсон, Україна**

**28-30 мая 2013года
Херсон, Украина**

**May 28-30, 2013
Kherson, Ukraine**

Організатори конференції:

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХЕРСОНСЬКА ДЕРЖАВНА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ
ХЕРСОНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
ІМЕНІ АДМІРАЛА МАКАРОВА
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ «КПІ»
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ МОРСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ
СЕВАСТОПОЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ
БРЕМЕНСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИКЛАДНИХ НАУК
ФІЗИКО-ТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ НАН БІЛОРУСІ
НАУКОВО-ВИРОБНИЧЕ ОБ'ЄДНАННЯ «ЦИКЛОН»
КРЮІНГОВА КОМПАНІЯ «MARLOW NAVIGATION»

Програмний комітет:

Беккер Хайнц Р. – проф. (Німеччина);
Бідюк П.І. – д.т.н., проф. (Україна);
Блінцов В.С. – д.т.н., проф. (Україна);
Букетов А.В. – д.т.н., проф. (Україна);
Варбанец Р.А. – д.т.н., доц. (Україна);
Ісаєв Є.О. – д.т.н., проф. (Україна)
Казак В.М. – д.т.н., проф. (Україна);
Кондратенко Ю.П. – д.т.н., проф. (Україна);
Кривонос Ю.І. – д.т.н., проф. (Білорусь);
Леонов В.Є. – д.т.н., проф. (Україна);
Малигін Б.В. – д.т.н., проф. (Україна);
Мальцев А.С. – д.т.н., проф. (Україна);
Рябінін Л.І. – д.т.н., проф. (Росія);
Селіванов С.Є. – д.т.н., проф. (Україна);
Соколова Н.А. – д.т.н., проф. (Україна);
Федоровський К.Ю. – д.т.н., проф. (Україна);
Харченко В.П. – д.т.н., проф. (Україна);
Ходаков В.С. – д.т.н., проф. (Україна);
Цимбал М.М. – д.т.н., проф. (Україна).

Організаційний комітет:

голова	Ходаковський Володимир Федорович – ректор Херсонської державної морської академії;
заступник голови	Бень Андрій Павлович – проректор з науково-педагогічної роботи;
члени комітету:	Настасенко Валентин Олексійович – професор кафедри експлуатації суднових енергетичних установок та загальноінженерної підготовки, Блах Ігор Володимирович – вчений секретар, начальник відділу технічної інформації, Клементьєва Оксана Юріївна – технічний секретар, редактор наукових видань відділу технічної інформації.

У збірнику представлено матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті», яка відбулася у м. Херсоні 28-30 травня 2013 р. і була присвячена актуальним питанням застосування сучасних інформаційних та інноваційних технологій у транспортній галузі.

Матеріали збірки розраховані на викладачів та студентів вищих навчальних закладів, фахівців науково-дослідних установ та підприємств.

Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2013) [Збірка матеріалів V Міжнародної науково-практичної конференції. У 2-х тт. (28-30 травня 2013 р., Херсон)]. – Т. 2. – Херсон : Херсонська державна морська академія, 2013. – 240 с.

ПЕРЕДМОВА

Шановні колеги!

Ви тримаєте в руках збірку тез доповідей П'ятої Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2013)», метою якої є аналіз та узагальнення нових теоретичних і прикладних результатів щодо застосування сучасних інформаційних та інноваційних технологій у транспортній галузі. Конференція проходить у місті Херсоні, що розташоване на мальовничих берегах річки Дніпро, на базі старшого морського навчального закладу нашої держави – Херсонської державної морської академії. В організації та роботі конференції беруть участь провідні науково-дослідні та навчальні заклади України, Росії, Білорусі, Азербайджану та інших країн зарубіжжя.

Основним завданням конференції є обговорення широкого кола нових наукових і практичних результатів застосування сучасних інформаційних технологій на транспорті; обмін ідеями та пошук нових пріоритетних напрямків наукових досліджень; встановлення та розвиток нових контактів у сфері наукового співробітництва між навчальними закладами, науковими установами та підприємствами України та зарубіжжя. Одна з особливостей конференції – залучення молодих науковців до розробки найбільш актуальних напрямків наукових досліджень у транспортній галузі.

Програмою конференції передбачено проведення пленарного засідання та робота фахівців у секціях: інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень у транспортній галузі, тренажерні системи та людський фактор на транспорті, контроль, діагностика і прийняття рішень при управлінні рухомими об'єктами; безпека судноплавства, системний аналіз та математичне моделювання складних об'єктів, проблеми надійності та енергозбереження, захист довкілля, екологічна безпека, ресурсозберігаючі технології.

Для зручності науковій праці конференції розміщено у двох томах. До *першого тому* увійшли праці, присвячені проблемам функціонування інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень у транспортній галузі, проблемам контролю, діагностики і прийняття рішень при управлінні рухомими об'єктами та системного аналізу і математичного моделювання складних об'єктів. У *другому томі* представлено матеріали, в яких розглядаються питання тренажерних систем та людського фактору на транспорті, безпеки судноплавства, а також матеріали щодо проблем надійності та енергозбереження, захисту довкілля, екологічної безпеки, ресурсозберігаючих технологій.

Ми впевнені, що досить широка проблематика наукових праць конференції буде сприяти не тільки плідному аналізу та обговоренню вищезазначених питань, а й обміну ідеями та думками, пошуку пріоритетних напрямків наукових досліджень, встановленню нових контактів у сфері наукового співробітництва фахівців галузі, залученню молодих науковців до участі у вивченні найбільш актуальних напрямків досліджень у транспортній галузі.

Організатори щиро дякують усім учасникам конференції та сподіваються, що MINTT-2013 стала добрим продовженням зустрічей та спілкування, початок яких покладено на попередніх конференціях. Ми маємо надію, що традиції, започатковані конференцією, та дана збірка матеріалів конференції стануть корисними не тільки для її учасників, а й для широкого кола науковців, фахівців, молодих учених, які займаються теоретичними та прикладними дослідженнями інформаційних та інноваційних технологій у транспортній галузі.

Висловлюємо свою щирю подяку всім авторам доповідей за порозуміння та співпрацю з організаторами.

Бажаємо всім нових наукових ідей та досягнень, плідної роботи, нових відкриттів.

З повагою, Організаційний та Програмний комітети.

СЕКЦІЯ 4:
**ТРЕНАЖЕРНІ СИСТЕМИ ТА ЛЮДСЬКИЙ ФАКТОР
НА ТРАНСПОРТІ**

НАВЧАЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ СУЧАСНИХ ТРЕНАЖЕРНИХ КОМПЛЕКСІВ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ АВІАЦІЙНИХ ДИСПЕТЧЕРІВ

Корж С.І.,

Навчально-сертифікаційний центр Державного підприємства обслуговування повітряного руху України,

Борсук С.П.,

Національний авіаційний університет
(Україна)

Вступ. Тренажерна підготовка, як складовий елемент процесу навчання авіаційних фахівців, постійно зазнає покращення з технічного [1], методологічного [2] та алгоритмічного [3] зусиллями таких організацій, як ІКАО та Євроконтроль. Потреба у такому постійному процесі покращення полягає в особливо небезпечних результатах допущених помилок під час реальної роботи операторів. Кожна помилка пілота або диспетчера згідно із сучасними уявленнями про авіаційні пригоди може не тільки призвести до трагічних наслідків, але й бути причиною цілої низки випадків із непередбачуваним результатом [4].

Тренажерне обладнання, яке використовується для підготовки авіаційних диспетчерів (АД) має відтворювати не тільки ситуацію у контрольованому просторі, але й деякі специфічні складові авіаційної взаємодії, наприклад – промову та нормативно визначені типові фрази англійською мовою (радіотелефонний зв'язок та фразеологія радіообміну). Хоча більшість тренажерів дозволяє лише відпрацьовувати навички та уміння, що пов'язані із роботою АД на робочому місці із обладнанням та його знанням правил і процедур взаємодії з пілотами, існує низка спеціалізованих тренажерів, призначених для відпрацювання специфічних навичок.

Актуальність досліджень та постановка задачі. Особливо важливим у процесі покращення якості підготовки операторів на тренажерах є постійний пошук шляхів для вдосконалення існуючих процедур підготовки. На основі проведеного пошуку може бути проведений аналіз можливого впровадження нових типів тренажерів, або модифікація вже існуючих комплексів.

Метою роботи є аналіз основних властивостей тренажерів, що використовуються у процесі підготовки (АД) та виведення рекомендацій щодо розробки нових або використання існуючих тренажерів для більшого охоплення процесом підготовки реального процесу роботи АД.

Результати досліджень. Тренажерне обладнання, яке використовується для підготовки АД має відтворювати не тільки ситуацію у контрольованому просторі, але й деякі специфічні складові авіаційної взаємодії, наприклад – промову та нормативно визначені типові фрази англійською мовою. Різноманіття тренажерів вимагає аналізу їх функціональності з метою визначення неохоплених складових роботи операторів УПР та можливого розвантаження складних комплексних тренажерів за рахунок використання спрощених функціональних або процедурних навчальних систем обмеженої функціональності.

На теперішній час на «озброєнні» авіаційних операторів УПР присутні наступні типи тренажерів:

1) Тренажери типу Part-Task Trainer (РТТ) призначені для обмеженого моделювання процесу роботи АД. Вони дозволяють відпрацьовувати лише основні функції АД при роботі з індикатором повітряної обстановки (ІПО). До цього типу відносяться «Барс-С», «Visual vectoring simulator», «Radar Skills Trainer».

2) Тренажери типу «Диспетчерський тренажер (ДТ)» призначені для повноцінного відтворення процесу роботи процесу роботи АД. Вони дозволяють відпрацьовувати максимальну кількість функцій АД при роботі з ІПО та іншим обладнанням. Як правило

такі тренажери обслуговуються декількома особами, які відіграють роль псевдо-пілотів ВС, що знаходяться під керуванням АД. До цього типу відносяться «Аеротехніка», «Selex», «Aircon», «Escape», «Adacel».

3) Тренажери типу ATFCM (Air traffic flow & capacity management) призначені для відпрацювання навиків по розробці та плануванню польотів та їх етапів, а також для відпрацювання навиків по плануванню та керуванню потоків повітряних суден. До цього типу відносяться «CHMI», «ARO/AIS» та інші.

4) Тренажери, які не піддаються класифікації. Кожен з таких тренажерів призначено для відпрацювання навиків та умінь у окремій складовій процесу роботи АД. До цього типу відносяться «Heading tutor», «Intelligent Communications Environment – Інтелектуальне Комунікаційне Середовище» та інші.

Розглянемо згадані тренажери та їх характерні риси. Кожний тренажер характеризується типом, призначенням, діапазоном навиків для відпрацювання, необхідністю підтримки процесу роботи технічними спеціалістами, кількістю одночасно працюючих осіб.

1. Тренажер «Heading Tutor, Web Based Training (WBT), V.0.1» призначено для оволодіння та відпрацювання операторами навиків, які сприяють покращенню точності процедури векторіння (активного керування польотом ПС шляхом призначення екіпажу курсу вектору). Цей тренажер невеликий за розміром, доступний через мережу Інтернет з офіційного сайту Євроконтролю, легкий в опануванні, та може бути використаний в процесах самопідготовки та самоперевірки. Він є: процедурним за типом; допоміжним за призначенням; одно-цільовим за діапазоном навичок, які можна на ньому відпрацьовувати; автономним за необхідністю підтримки процесу роботи технічними спеціалістами; персональний за кількістю осіб, які можуть одночасно на ньому працювати.

2. Тренажер «Intelligent Communications Environment – Інтелектуальне Комунікаційне Середовище» призначено для відпрацювання оператором УПР правильної вимови, акценту, фразеології та розпізнаванню голосу «пілотів». Цей тренажер є окремим програмним забезпеченням порівняно невеликого розміру та може біти використаний як локально на комп'ютерному робочому місці. Слід зазначити складнощі, що пов'язані із формуванням завдань для тренажера, та пов'язані з цим підвищені вимоги до інструктора. Тренажер є: процедурним за типом; основним за призначенням; одно-цільовим за діапазоном навичок для відпрацювання; програмованим за необхідністю підтримки процесу роботи технічними спеціалістами; персональним за кількістю одночасно працюючих осіб.

3. Тренажер РТТ «Барс-С» призначено для відпрацювання навичок управління незалежними заходами та процедурами вильоту та прибуття за принципами навігації, враховуючи характеристики повітряних суден (ПС). Кожна вправа має бути підготовленою для її відпрацювання, після чого її можна зберегти для подальшого використання. Окрім того, під час поточного моніторингу ходу кожної вправи інструктор може втрутитись у неї шляхом безпосереднього управління будь-яким ПС, або уведення у вправу надзвичайної ситуації. Цей тренажер є: процедурним за типом; основним за призначенням; багатоцільовий за діапазоном навиків для відпрацювання; програмовано-контрольованим за необхідністю підтримки процесу роботи технічними спеціалістами; персональним за кількістю одночасно працюючих осіб.

4. Тренажер «Radar Skills Trainer» призначено для відпрацювання навиків та умінь управління ПС за допомогою приладів та радіозв'язку. Тренажер вважається особливо ефективним при формуванні початкових навиків обслуговування повітряного руху (ОПР) за засобами спостереження. На етапах базової і першої третини рейтингової підготовки тренажер набагато ефективніше повноцінних диспетчерських тренажерів. Він є: функціональним за типом; основним за призначенням; багатоцільовим за діапазоном навиків для відпрацювання; програмовано-контрольованим за необхідністю підтримки

процесу роботи технічними спеціалістами; груповим за кількістю одночасно працюючих осіб.

5. «Visual vectoring simulator» – тренажер середньої точності симуляції радіолокаційного управління повітряним рухом (УПР). Він має можливість точно моделювати повітряний рух в будь-якому аеропорту або повітряному просторі в світі. Підтримуються обидва органи ОПР: райони термінальний (Traccon або Approach control) та районного диспетчерського центру (РДЦ). Тренажер був спеціально розроблений для використання з супроводжуючим навчальним матеріалом VV ATCX та VV Approach. Він є: функціональним за типом; основним за призначенням; багатоцільовий за діапазоном навиків для відпрацювання; програмовано-контрольованим за необхідністю підтримки процесу роботи технічними спеціалістами; персональним за кількістю одночасно працюючих осіб.

6. Тренажерна платформа «ESCAPE» – це комплексний тренажер, що повноцінно моделює робоче місце оператора УПР. Він дозволяє повноцінно відтворювати та моделювати процес роботи операторів УПР та складається з окремих модулів, які призначені для моделювання процесів підготовки даних та їх аналізу, моделювання льотно-технічних характеристик ПС, моделювання робочого місця АД УПР, керування базами даних, генерації даних необхідних для імітації польоту, моделювання ускладненого місця пілота, планування польоту та обробку польотних даних, моделювання каналу передачі даних, збору та відтворювати даних про робоче навантаження, моделювання голосового зв'язку. Цей тренажер є: комплексним за типом; основним за призначенням; багатоцільовим за діапазоном навиків для відпрацювання; програмовано-контрольованим за необхідністю підтримки процесу роботи технічними спеціалістами; груповим за кількістю одночасно працюючих осіб.

7. Диспетчерський тренажер (ДТ) «Аеротехніка» призначено для професійної підготовки (ПП), підтримки, вдосконалення, перевірки практичних навичків та вмій АД УПР, а також проведення досліджень із питань організації повітряного руху (ПР). ДТ забезпечує моделювання функцій робочих місць АД УПР, підготовку, виконання тренажерних вправ та аналіз результатів тренування. ДТ складається з набору робочих місць (РМ), які об'єднані локальною обчислювальною мережею, а також мережею мовного зв'язку з можливістю оперативної зміни призначення РМ та їх взаємозв'язку відповідно до плану та умов проведення вправ. Цей тренажер є: комплексним за типом; основний за призначенням; багатоцільовим за діапазоном навичок для відпрацювання; програмовано-контрольованим за необхідністю підтримки процесу роботи технічними спеціалістами; груповим за кількістю одночасно працюючих осіб.

8. ДТ «Adasel» (MaxSim) - комплексний тренажер, на якому моделюються польоти у верхньому повітряному просторі («Контроль» \equiv ACC), у середньому та нижньому повітряному просторі («Підхід» \equiv APP) та в районі аеродрома, на АДВ (Аеродромна диспетчерська вишка \equiv TWR). ACC і APP на АРМ використовують індикатор повітряної обстановки з синтетичними мітками, а TWR – моделює реальну ситуацію на аеродромі (аеродромний рух), як вид з вікна і називається тренажер АДВ ЗВ з високим ступенем візуалізації. Цей тренажер є: комплексним за типом; основним за призначенням; багатоцільовим за діапазоном навичків для відпрацювання; програмовано-контрольованим за необхідністю підтримки процесу роботи технічними спеціалістами; груповим за кількістю одночасно працюючих осіб; масово-реєструючим за необхідністю контролю результатів.

9. Тренажери типу СНМІ (офіційна назва CFMU Human Machine Interface) забезпечує графічний інтерфейс (взаємодію), який дозволяє користувачу відображати дані та інформацію (таку як маршрути, повітряний простір, траєкторію FPL та ін.) за допомогою мап. Цей тренажер є: комплексним за типом; основним за призначенням; багатоцільовим за діапазоном навичок для відпрацювання; програмовано-контрольованим за необхідністю підтримки процесу роботи технічними спеціалістами; груповим за

кількістю одночасно працюючих осіб.

10. Новітня розробка симулятора типу CAPAN, забезпечує операторів, як функцією контролю робочого завантаження, так і аналізу пропускної спроможності. Механізм ґрунтується на спрощеній версії методології CAPAN, яка моделює події завдань УПР. Такі завдання ініційовані фазами (подіями) руху такими як вхід в сектор, виявлення конфліктів, максимальною висотою набору та зниження. Кожна операція УПР обмежується (характеризується) часом виконання та одним (двома) пунктами відповідальності. Основні операції УПР включають в себе: координаційні питання, віднаходження потенційно-конфліктних ситуацій (ПКС), радіотелефонний зв'язок, радіолокаційні завдання, радіолокаційну передачу контролю.

Цей тренажер є: процедурним за типом; допоміжним за призначенням; одноцільовим за діапазоном навичок для відпрацювання; програмованим за необхідністю підтримки процесу роботи технічними спеціалістами; персональним за кількістю одночасно працюючих осіб. Зведені дані про методичні можливості тренажерів, що були розглянуті наведено у таблиці.

Таблиця 1 – Порівняльні характеристики тренажерних засобів, що використовуються для тренувань АД України

Назва	Критерії оцінювання диспетчерських тренажерів				
	тип	призначення	діапазон	підтримка	особи
1	2	3	4	5	6
Heading Tutor	процедурний	допоміжний	одноцільовий	автономний	персональний
ICE	процедурний	основний	одноцільовий	програмований	персональний
Барс-С	процедурний	основний	багатоцільовий	програмовано-контрольований	персональний
RST	функціональний	основний	багатоцільовий	програмовано-контрольований	груповий
VVS	функціональний	основний	багатоцільовий	програмовано-контрольований	персональний
ESCAPE	комплексний	основний	багатоцільовий	програмовано-контрольований	груповим
Аеротехніка	комплексний	основний	багатоцільовий	програмовано-контрольований	груповим
Adasel	комплексний	основний	багатоцільовий	програмовано-контрольований	груповим
СНМІ	комплексний	основний	багатоцільовий	програмовано-контрольований	груповим
CAPAN	процедурний	допоміжний	одноцільовий	програмований	персональний

Висновки. Проведений порівняльний аналіз методичних властивостей тренажерів, дозволяє зробити наступні висновки:

1) для кожного з існуючих типів тренажерів існує своя область застосування. Різноманіття типів (за складністю) дозволяє застосувати тренажер, адекватний за структурою, методичним та алгоритмічним забезпеченням для виконання поставленої задачі по підготовці АД;

2) більшість тренажерів може бути використаною для відпрацювання декількох складових процесу УПР;

3) майже усі тренажери вимагають запрограмованого сценарію та дозволяють здійснити перехоплення керування інструктором;

4) тренажери RST, ESCAPE, Аеротехніка, MaxSim, СНМІ дозволяють працювати організованим групам операторів для відпрацювання їх взаємодії, наприклад у ситуаціях роботи зміни АД.

Для покращення процесу підготовки можна запропонувати наступні кроки:

- підвищити кількість допоміжних тренажерів;
- адаптувати простіші програмовані тренажери для роботи у автономному режимі;
- адаптувати персональні тренажери для роботи груп операторів із взаємним контролем результатів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Циркуляр ИКАО 217-AN/132. Человеческий фактор. Подготовка летного экипажа: оптимизация работы экипажа в кабине (CRM) и летная подготовка в условиях, приближенных к реальным (LOFT) : сборник материалов № 2. – Монреаль : ИКАО, 1989. – 73 с.
2. Capt. Neil Johnson. Integrating human factors training into ab initio airline pilot curricula / Capt. Neil Johnson. // ICAO Journal. – 1993. – vol. 48, #7. – P. 14-17.
3. Jean Pariès. Shift in safety paradigm is key to future success in reducing air accidents / Jean Pariès. // ICAO Journal. – 1999. – vol. 54, #5 – P. 20-22, 28.
4. Doc 9422. ICAO Accident Prevention Programme. – Montreal : ICAO, 2005. – P. 340

ПСИХОЛОГІЧНІ МЕХАНІЗМИ АКТИВІЗАЦІЇ ЛЮДСЬКОГО РЕСУРСУ МОРЯКА

Зайцева Т.Г.,

Херсонська державна морська академія
(Україна)

Вступ. Головним завданням менеджменту міжнародного морського судноплавства є забезпечення високого рівня надійності і безпеки процесу транспортування вантажів та перевезення пасажирів. На вирішення цієї проблеми націлюють відповідні нормативно-правові документи, зокрема директивні матеріали Міжнародної конференції країн-учасниць Міжнародної Конвенції ПДНВ (1978/1995), що відбулась у Манілі в червні 2010 р. [10].

Актуальність дослідження. Основною причиною високого рівня аварійності на морському флоті продовжує бути так званий «людський фактор», тобто обставини, що провокують грамотних і досвідчених професіоналів морської справи на небезпечні помилки. При цьому сучасний менеджмент морської галузі, незважаючи на високий рівень психофізичного перевантаження морських фахівців, продовжує бути орієнтованим на подальшу інтенсифікацію інтелектуальної, емоційно-вольової сфер морських фахівців шляхом висування перед ними нових і нових вимог. Тому оновлений зміст Конвенції ПДНВ (1978/1995) вимагає пошуку та знаходження певних ресурсів, використання яких на флоті може дати максимальний ефект у напрямку зменшення психофізичного перевантаження та зниження на цієї підставі рівня аварійності з причин людського фактору.

Постановка завдання. Враховуючи стресогенний характер середовища соціотехнічної системи, в межах якої морські фахівці перебувають тривалий час, зокрема не лише працюють, а ще і відпочивають, ці нові ресурси повинні спиратися на закономірності функціонування психіки моряків та специфіку її природних додаткових механізмів, оскільки надійність актуальних не може бути безмежною. Наукова психологія дозволяє морським фахівцям в якості такого ресурсу розглядати складові їх природного людського ресурсу, зокрема резервні психічні механізми. Відповідно, цілеспрямована актуалізація цих додаткових механізмів вимагає звернення до спеціальних педагогічних технологій. Ці технології повинні враховувати специфіку психічного реагування особистості моряка, який тривалий час знаходиться на борту судна та виконує свої професійні обов'язки в полі постійно діючих психотравмуючих факторів. Звернення до елементів людського ресурсу моряків з метою протистояння аварійності на флоті вимагає знайомства з сутністю та специфікою психічних саморегулятивних механізмів особистості морського фахівця, а також звернення до педагогічно доцільних сучасних технологій навчання та психологічного самоудосконалення.

Результати дослідження. Аналіз наукових джерел дозволяє визначити в якості технології самоменеджмент психофізичних станів моряка, який базується на врахуванні закономірностей механізму свідомої психічної саморегуляції та специфіки інструменту психологічного самовпливу. В своїх роботах ми доводимо, що звернення морських фахівців до цього різновиду самоменеджменту може дозволити цілеспрямовано підвищувати рівень психофізичної стійкості, що виступатиме передумовою їх позапомилкових професійних дій [6, 7].

На функцію самоменеджменту щодо актуалізації внутрішніх ресурсів особи з врахуванням зовнішніх факторів вказує В. М. Колпаков [8, С. 3]. Дієвість спеціальних технологій самовпливу та доцільність звернення до них, зокрема з метою уникнення стресових станів обґрунтовують М.Вудкок і Д.Френсис [3]. Нами доводиться перевага самоменеджменту психофізичних станів моряка, що зумовлюється його відповідністю

механізму психічного свідомого самовпливу [6, 7]. Також активно вчені вивчають сутність, специфіку та можливості цього механізму.

Вони звертають увагу на нестандартність інструменту свідомого психічного самовпливу, який може надати морякові реальний ефект на шляху актуалізації ресурсних складових його психіки поза вольових зусиль. Учені доводять, що в якості такого дієвого інструменту виступають образи уяви і смислові мовні конструкції. Їх людина формує свідомо та цілеспрямовано у відповідності самостійно визначеної мети особистого психологічного самоудосконалення [4]. Науковці обґрунтовують необхідність цілеспрямованої концентрації уваги на сформованому образі з тим, щоб довести якість його сприйняття до, нібито, рівня реальності, підкреслюючи, що уявлення – це «діючий важіль цілеспрямованого впливу на стан фізіологічних систем організму, на психологічні установки, а таким чином і на особливості характеру, поведінки» [4, С. 277]. Більш того, «ці якості підлягають цілеспрямованій корекції не лише фізичними, але і психічними методами впливу, заснованими, як вже відмічалось, на активній ролі уявлень» [4, С. 277]. Наявність у людини механізму свідомого психологічного самоуправління, що зумовлюється мовою людини та взаємодію двох її сигнальних систем, одним з перших довів І. П. Павлов. Також він увів в науку термін «самоуправління» і обґрунтував доцільність формування у людини відповідних умінь [11, с. 310].

Сучасна наука доводить, що для активізації першої сигнальної системи пусковими сигналами є також предметно-образні, сенсорно-емоційні, а не лише фізико-хімічні та біологічні. Оскільки процес формування мови був органічно пов'язаним з необхідністю позначати людиною різноманіття натуральних сигналів словами як знаками, вони, слова, поступово набували для саморегулятивних механізмів пускового значення [12]. За висновками вчених, свідомо активізація цього механізму зумовлюється закріпленням в пам'яті людини значної кількості смислів, які вона вже засвоїла на протязі свого життя. Така закономірність пояснює наступне: «психіка може орієнтуватися не лише на наявні результати відображення реальних об'єктів, але і на ті сліди-відображення, які зафіксовані в довгостроковій пам'яті у вигляді образів та понять» [4, С. 99].

Механізми свідомої психічної регуляції розкриваються в відомих роботах Л. Виготського, А. Лурії, П. Анохіна, М. Бернштейна. Цілісна система свідомої психічної саморегуляції розроблена О. Конопкіним [9, С. 133]. Вчені доводять про існування двох різних видів діяльності людини, які залежать від двох різних психологічних рівнів регуляції дії, один з яких в її реальному житті виконує домінуючу функцію, зокрема: а) діяльність, що зумовлюється знаннями, життєвим досвідом людини та її фундаментальними уявленнями; б) діяльність, що регулюється нечіткими, тобто первинними образними уявленнями специфічних ознак конкретної ситуації. На наш погляд, ця закономірність має значення для цілеспрямованого забезпечення рівня психоемоційної стійкості моряків через свідому зміну психологічного рівня регуляції дій, оскільки результатом цього можуть «з'явитися такі риси, навички, як передбачення, екстраполяція, самоконтроль, можливість довільно регулювати просторово-часові характеристики дії тощо» [1, С. 171]. У цьому механізмі вчені звертають увагу на значущість специфічних переживань людини, а саме на «смислові психічні переживання, що відкривають суб'єкту життєве значення предметів та впливів, визначають в образі цілі й стимулюють суб'єкта на їх досягнення на основі можливостей дії, що відкриває образ» [2, С. 90].

Пропозиції. Оскільки аналіз цих та інших наукових джерел дозволяє зробити висновок про значущість для морського фахівця його чуттєвих образів, з метою підвищення рівня та якості професійного реагування моряків пропонується враховувати цю закономірність в процесі їх професійної підготовки. Використання чуттєвих образів в якості специфічного інструменту свідомого психічного самовпливу дозволить досягти високого рівня професійної працездатності, надійності професійних рішень та дій, формувати у курсантів ВМЗ України і дипломованих морських фахівців психологічної

установки на перемогу в екстремальній ситуації, забезпечити професійно значущу звичку до ризику, інше.

В якості ефективної педагогічної технології активізації ресурсних складових психіки моряка виступатиме самоменеджмент психофізичних станів як науково обгрутована та педагогічно доцільна система свідомого психологічного самоуправління. Результативність використання цієї системи забезпечить наступне: підвищення уваги морських фахівців в ситуаціях швидкого прийняття оптимального рішення та реагування в ситуаціях психофізичного напруження; зменшення потреби у їжі і воді за рахунок зниження процесів метаболізму в їх організмі; зменшення емоції страху, стабілізація емоційних станів; підвищення рівня фізичної працездатності, індивідуальної стресостійкості, інше. Такий позитивний результат може бути технологічно забезпеченим шляхом введенням в навчальний процес спецкурсу «Самоменеджмент психофізичних станів моряка», а також через систему психологічного професійного самоудосконалення морських фахівців.

Висновки. Впровадження в систему професійної підготовки ВМЗ України технології свідомого психологічного самоуправління, яка враховує закономірності природних резервних психічних механізмів моряка, є науково зумовленим. Врахування існуючого психологічного механізму активізації людського ресурсу в практиці професійної підготовки морських фахівців може стати реальним кроком протистояння людському фактору та гарантування в межах морського судноплавства надійності та безпеки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Аболин Л. М. Психологические механизмы эмоциональной устойчивости человека. – Казань : Издательство Казанского университета, 1987. – 261 с.
2. Вилунас В. К. Психология эмоциональных явлений. – М. : Изд-во Московского университета, 1976. – 143 с.
3. Вудкок М., Френсис Д. Раскрепощенный менеджер : для руководителя-практика. – М. : Дело, 1991. – 220 с.
4. Гримак Л. П. Резервы человеческой психики : введение в психологию активности. – М. : Политиздат, 1987. – 286 с.
5. Зайцева Т. Г. Психічна культура як фактор психоемоційної стійкості моряка : монографія. – Херсон : Видавництво ХДМІ, 2009. – 99 с.
6. Зайцева Т. Г. Самоменеджмент психофізичних станів моряка як інноваційна педагогічна технологія // Педагогічний альманах. – 2011. – № 11. – С. 132-137.
7. Зайцева Т. Г., Ходаковський В. Ф. Теорія і практика самоменеджменту психофізичних станів моряка з активізації людського ресурсу та подолання проблеми аварійності на флоті : монографія / Т. Г. Зайцева, В. Ф. Ходаковський ; за ред. Т. Г. Зайцевої. – Херсон : Видавництво ХДМА, 2012. – 136 с.
8. Колпаков В. М. Навчальна програма дисципліни «Теорія і практика самоменеджменту (для спеціалістів, магістрів іншого напрямку). – Херсон : МАУП, 2005. – 30 с.
9. Конопкин О. А. Психологические механизмы регуляции деятельности. – М. : Наука, 1980. – 256 с.
10. Міжнародна Конвенція про підготовку та дипломування моряків та несення вахти 1978 р. (Конвенція ПДНВ 78/95) з поправками 2010р. .
11. Павлов И. П. Сообщение на III съезде по экспериментальной педагогике в Петрограде 2 января 1916 г. : полн. собр. соч. – М.-Л., 1951. – Т. 3, кн. 1. – С. 306-313.
12. Сергеев К. К. Психология как точная наука. – Херсон : Наддніпрянська правда, 1995. – 237 с.

АВТОМАТИЗАЦІЯ ОЦЕНЮВАННЯ ХОДА ВИПОЛНЕННЯ ЗАДАНИЙ НА ТРЕНАЖЕРАХ УПРАВЛЕННЯ ВОЗДУШНИМ ДВИЖЕННЯМ

Землянський А.В., Сало Н.А.,

Кировоградська летня академія Національного авіаційного університету
(Україна)

Актуальність. В формуванні навчальних і умовних управління повітряним рухом в системі навчання і перепідготовки персоналу обслуговування повітряного руху суттєве значення має диспетчерська тренажерна підготовка. Одним з шляхів мінімізації впливу суб'єктивності викладача і/або інструктора при виконанні вправ на диспетчерських тренажерах є створення системи автоматизованого оцінювання. При цьому одним з вимог, що висуваються до такої системи, є необхідність формування не бінарної оцінки (виконав, не виконав), а оцінки з більшою градуюванням. Ще одне вимога стосується задачі автоматизації оцінювання як можна більшої кількості параметрів виконання задачі. Існуючі тренажерні системи, що застосовуються в навчальних і виробничих підприємствах України, не дозволяють в повній мірі вирішувати таку задачу. Як правило, в актуальних тренажерних системах підготовки авіадиспетчерів автоматично оцінюється тільки утримання встановлених інтервалів ешелонування. Це обумовлено тим, що в автоматизованих системах управління повітряним рухом (АС УВР), застосовуються системи STCA (запобігання порушенню інтервалів).

Результати дослідження. В моделюючому комплексі роботи авіадиспетчера, розробкою якого займається інститут аеронавігації Кировоградської летньої академії Національного авіаційного університету, реалізована система автоматизованого багатокритеріального оцінювання, яка дозволяє оцінювати наступні основні напрямки:

Утримання правил ешелонування в моделюючому комплексі носить назву «Оцінка безпеки», будується згідно з вимогами керівних документів в області утримання інтервалів ешелонування (довільного, бічного і вертикального). Для виявлення порушень інтервалів ешелонування розроблена модель *зони безпеки* повітряного судна. Зона безпеки ВС є об'ємною фігурою циліндр, центром якої є точка розташування повітряного судна. Розмір зони безпеки залежить від структури повітряного простору і вимог керівних документів, що регламентують інтервали ешелонування.

В відповідності з Правилами обслуговування повітряного руху з використанням систем спостереження, застосовуються наступні розміри зони безпеки ВС:

- в межах СТА застосовується мінімум горизонтального ешелонування на основі використання радіолокаційних систем і/або ADS-B, і/або MLAT 18,5 км (10 NM);
- в межах ТМА застосовується мінімум горизонтального ешелонування на основі використання радіолокаційних систем і/або ADS-B, і/або MLAT 9,3 км (5 NM).

При складанні вправ можуть бути задані інші розміри зони безпеки повітряного судна, якщо в цьому є необхідність.

Оцінка виконання правил польотів визначає, наскільки навчаний в процесі роботи з вправою дотримується вимог до зміни параметрів польоту ВС, визначених керівними документами. Прикладами можуть служити наступні

требования, указанные в «Правилах обслуживания воздушного движения с использованием систем наблюдения»:

– Уменьшение скорости до значений менее 460 км / ч (250 kt) IAS для турбореактивных ВС на начальном этапе снижения с крейсерского эшелона должно осуществляться только по согласованию с экипажем судна

– Корректировку скорости следует ограничивать настолько, насколько это необходимо для соблюдения желаемого минимума эшелонирования или интервала.

– Следует избегать выдачи указаний, которые предусматривают многократные изменения скорости, в том числе попеременное увеличение или уменьшение скорости.

Оценка выполнения плановых параметров полета в МК называется «оценка регулярности» формируется на фиксировании параметров выхода ВС из зоны управления и сравнения их с заданными (плановыми) параметрами. Оценка регулярности преследует две цели: защита упражнения от разрушения и формирование навыка соблюдения заданных параметров движения ВС в зоне ответственности. Оценка регулярности состоит из трех частей:

– соответствие параметрам в *горизонтальной* плоскости. При выходе ВС из зоны управления проверяется расстояние от плановой точки выхода до фактической. При выдерживании разрешенного отклонения считается, что параметр соблюдается. При превышении фиксируется нарушение, при превышении на величину более чем в 3 раза превышающую разрешенное отклонение фиксируется грубое нарушение.

– соответствие параметрам в *вертикальной* плоскости. При выходе ВС из зоны управления проверяется расстояние от плановой высоты (эшелона) выхода до фактической. При выдерживании разрешенного отклонения считается, что параметр соблюдается. При превышении фиксируется нарушение, при превышении на величину более чем в 3 раза превышающую разрешенное отклонение фиксируется грубое нарушение.

– соответствие параметрам в плоскости *времени*. При выходе ВС из зоны управления проверяется разница в фактическом и плановом времени покидания зоны. При выдерживании разрешенного отклонения считается, что параметр соблюдается. При превышении фиксируется нарушение, при превышении на величину более чем в 3 раза превышающую разрешенное отклонение фиксируется грубое нарушение.

Выводы. Величина разрешенных параметров определяется инструктором в зависимости от целей упражнения.

РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ З ІНДИВІДУАЛІЗАЦІЇ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ АВІАЦІЙНИХ ОПЕРАТОРІВ

Камишин В.В.,

Інститут обдарованої дитини Національної академії педагогічних наук України
(Україна)

Вступ. Науково-технічний прогрес (НТП) призвів до збільшення надійності авіаційної техніки (АТ): за останні десятиріччя показники відношення кількості відмов до часу роботи в повітрі покращилися практично в 10-15 раз [1]. При цьому десятиліттями з 1960-х років частка людського чиннику (ЛЧ) від загального числа причин АП оцінюється постійним зростанням від 40-50% до 80-90%. Вказаний показник відноситься, в основному, до сертифікованого льотного персоналу комерційної авіації. З урахуванням польотів авіації загального призначення, техобслуговування, управління повітряним рухом, інфраструктури транспортного комплексу загальна частка ЛЧ виявляється більше 90% [2]. І зрозуміло, що чим більш кваліфікованим є авіаційний персонал, тим менше помилок він допускає в процесі виконання професійних функцій, що, безумовно, позитивно впливає на безпеку польотів (БП).

Актуальність досліджень. На теперішній час розроблений цілий спектр різноманітних програм і технологій професійної підготовки (ПП) авіаційних операторів (АО), узагальнення яких здійснене у працях [3-8]. Отже, ІКАО рекомендує для дослідження і оцінки впливу ЛЧ на БП використати модель SHELL [9] як розширений варіант моделі «людина – машина – середовище» [10], яка сприяє системному розумінню ЛЧ (рис. 1). Кожний компонент моделі SHELL являє собою один з фундаментальних принципів дослідження ЛФ [8, 9].

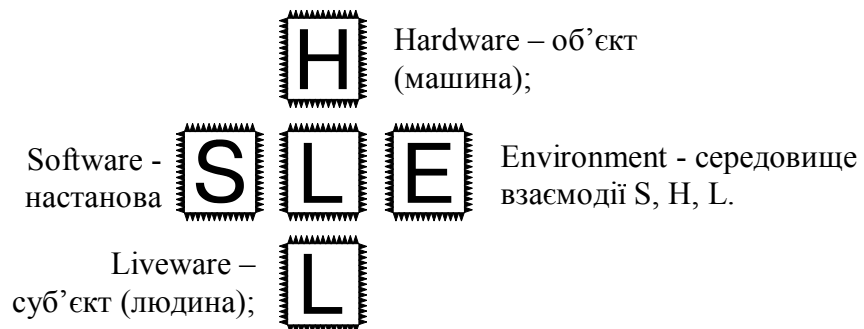


Рисунок 1 – Загальна схема моделі SHELL, яка рекомендується ІКАО для дослідження людського чиннику (E. Edvards, F.H. Hawkins)

Сполучення L-L (рис. 1) суттєво впливає на безпеку і ефективність будь-якої ергатичної системи (ЕС), в тому числі і цілеспрямованої навчальної ЕС управління (ЦНЕСУ) «інструктор – технічний засіб навчання (ТЗН: тренажер, літак та ін.) – навчальний екіпаж» [11], оскільки успіх у навчанні залежить і від професійно-важливих якостей (ПВЯ) пілота-інструктора (П-І), і від ПВЯ АО, який проходить ПП, а також і від їх взаємних контактів. Сформулюємо з урахуванням [12; 13] чинники, які перешкоджають процесу ПП:

- атмосфера недоброзичливості у взаємовідносинах того, хто навчається і П-І, що виявляється в завищених, на думку курсанта, вимогах з боку ПП і, відповідно, занижених оцінках результатів ПП;

- байдужість того, хто навчається, до послідовності ускладнення операцій при опануванні курсу (таких осіб цікавить лише кінцевий результат або підсумковий документ);

- нестача інтересу слухача до предмета, зумовлена пригніченим настроєм, особистими проблемами, поганим викладанням, неприязню до інструктора, небажанням

вчитися;

- почуття страху, викликане різними причинами, та ін.

У деяких випадках недостатній прогрес у навчанні може бути зумовлений причинами, пов'язаними особисто зі слухачем:

- нездатністю того, хто навчається, сприймати велику кількість інформації за короткий час;

- нездатність завчити осмислену інформацію при сильних впливах попередніх навичок і знань;

- нездатність займатися відразу декількома справами, працювати з новим незвичайним матеріалом, моральне і емоційне перевантаження того, хто навчається;

- нестача необхідних ПВЯ АО.

Тому питання особистісно-орієнтованої ПП АО, враховуючи її незвичайно велику вартість, є актуальним.

Постановка задачі дослідження. Виходячи з вищенаведеного, метою цієї доповіді є розробка науково-обґрунтованих рекомендацій з індивідуалізації ПП АО.

Результати досліджень. Люди відрізняються один від одного організацією нервово-психічної діяльності, яка віднесені до складової поведінкової невизначеності [14, 15]. Такі типологічні відмінності вимагають різноманітного підходу до організації навчання (табл. 1).

Таблиця 1 – Рекомендації інструктору щодо врахування організації нервово-психічної діяльності тих, хто навчається

Відмітні ознаки	Підхід, що рекомендується при навчанні
1	2
Ф Л Е Г М А Т И К И	
Полохливий і замкнений	– задавати більше питань – у розмовах переконувати в успіхах – частіше відмічати успіхи
Терплячий, який вибачається, дуже стурбований або нервовий	– більше підбадьорювати – створювати ситуацію, яка зміцнює почуття впевненості в собі – шукати причину невпевненості
Тихий, пасивний, мовчазливий, упереджений	Шукати причини (може не вистачає впевненості в знаннях і здібностях, занадто високі вимоги до себе)
«Так, зрозуміло», але через хвилину «забув»	– шукати причину неспокою (можливо, той, хто навчається, не може признатися, що не зрозумів) – необхідно особливо ретельно дотримуватись послідовності ускладнення задач (принцип «листяного пирога»)
С А Н Г В І Н И К И	
«Середній» пілот	Слідувати звичайній методиці
Активний і впевнений	Необхідно заохочувати, але уникати формування зайвої самовпевненості
Жартун	Обмежувати відвернення від матеріалу того, хто навчається, враховуючи, що за маскою жартуна може переховуватись неспокій, невпевненість
Х О Л Е Р И К И	
Людина, яка цікавиться більше питаннями «Що?» і «Як?», ніж «Навіщо?»	– навчати в плані практичного застосування навичок і матеріалів – дозволяти і заохочувати отримання інформації від інших осіб, які навчаються

1	2
Активний, прагнучий до відповідей на всі питання	– підбадьорювати, але уникати формування зайвої самовпевненості – стримувати, не дозволяти придушувати інших – ставитись до нього м'яко, щоб не викликати невпевненості в собі
Нетерплячий, думає про те, що буде, замість того, щоб дотримуватись думки інструктора	– провести тренування за правилом «листяного пирога», починаючи кожний раз спочатку і поступово ускладнюючи вправи; – пояснювати, чому чергова стадія навчання є основою для наступної; – виділити в окрему групу, якщо нетерпіння пояснюється різною швидкістю засвоєння матеріалу в групі; – збільшувати темп навчання при достатніх навичках тих, хто навчаються.
Самовпевнений, «пихатий», дуже балакучий, агресивний і образливий	– потребує індивідуального навчання – уникати конфліктів – відчувати від зайвої самовпевненості (можлива переоцінка своїх здібностей)

Невдачі в навчанні або перенавчанні можуть виникнути і на основі ситуації, зумовленої рядом таких причин:

- програма навчання або перенавчання складена невірно;
- той, хто навчається, не може справитись з процесом ПП;
- П-І не може визначити необхідний індивідуальний підхід до того, хто навчається.

При порівнянні темпів формування навичок в АО можуть відмічатися труднощі і невдачі. Курсанти з різними нервово-емоційними характеристиками по-різному реагують на ситуацію. Різним повинен бути і підхід П-І (табл. 2).

У зв'язку з використанням різноманітних ТЗН для формування професійних навичок, змінюється характер поведінки тих, хто навчаються. Тому необхідно відповідно змінювати і методіку роботи П-І, яка має бути диференційованою в залежності від етапу ПП (організаційний період (наземна підготовка), тренування на спеціалізованих тренажерах, тренування на комплексному тренажері, польоти на навчально – тренувальних літаках, підсумковий екзамен і допуск до самостійних польотів тощо). Відповідні рекомендації розроблені, але ж не подані в цій публікації через встановлені обмеження її обсягу.

При організації навчання велике значення потрібно надавати самокритичності. Аналіз недбалих результатів під час розбору польотів і невдач дозволяє виявити їх причини і скоректувати процес ПП відповідним чином для його поліпшення. Зміни можуть торкатися самої програми, методіки її реалізації, часу, що відводиться на підготовку. Заслуговують уваги методи спілкування в колективі інструкторів, незалежність їх поведінки від стресу, загальна доброзичливість і прагнення до успіху. П-І при реалізації програми ПП повинні дотримуватися загального стандарту, щоб не вносити плутанини в знання і навички слухачів. З цією метою доцільно використати дані відеозапису, які можуть бути корисні при тренуванні самих П-І, а також при розборі процесу навчання, яке проводиться на раді інструкторів. Груповий досвід може допомогти кожному П-І подолати труднощі, які виникають.

«Хибні» навички у АО, що проходять ПП, можуть бути зумовлені і зайвою лояльністю до помилок, поблажливістю до досвіду попередньої роботи, панібратством. У разі несумісності характерів тих, хто навчається, і інструктора, доцільна заміна останнього.

Таблиця 2 – Рекомендації інструктору щодо реакції на поведінку тих, хто навчається

Поведінка тих, хто навчається	Дії інструктора
1	2
Той, хто навчається, пасивного типу	
<ul style="list-style-type: none"> – стає мовчазним – може втратити впевненість в собі – відмовляється від обговорення ситуації – виявляє ознаки стресу – прагне до самоти – мислення може загальмуватись 	<ul style="list-style-type: none"> Заохочувати дискусії по вправі, яка виконується, намагатися шляхом навідних питань отримати висновки щодо помилок, які були скоєні Добитися розуміння правильних дій і автоматизації їх виконання Прагнути до взаєморозуміння, підбадьорювати Давати додатковий час на підготовку до польоту
Той, хто навчається, активного типу	
<ul style="list-style-type: none"> – стає балакучим – стараючись аргументувати труднощі, що виникли, критикує все і вся, крім себе – посилається на те, що «ніхто не казав» – апелює до вищих інстанцій – звинувачує інструктора, але заочно – аналізує курс на предмет його цінності 	<ul style="list-style-type: none"> Не вплутується в суперечку. На фактах, шляхом демонстрації виконання показувати помилки того, хто навчається. Охолоджувати ситуацію, переконувати м'яко, але настирливо. Ніколи не треба втрачати контроль над собою. Аргументовано відстоює правильність своєї позиції і методики, що застосовується, якщо є в цьому упевненість.

Висновки. Таким чином, підсумовуючи отримані і подані в цій публікації наукові результати слід констатувати факт дійсної розробки особистісно-орієнтованих рекомендацій з управління ПП АО за ЛЧ. Зокрема, встановлені причини, що перешкоджають процесу формування професійних знань, вмінь, навичок та запропоновані заходи з врахування типологічних особливостей тих, хто навчається.

Поділяючи АО на осіб пасивного і активного типу, виявлені характерні особливості їх поведінки в процесі ПП, а також відповідні дії інструктора.

Подальші дослідження з індивідуалізації процесів ПП АО слід проводити з урахуванням їх рівнів домагань на множині характеристик та показників професійної діяльності, а також основної домінанти діяльності в умовах ризику.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пономаренко В. А. Человеческий фактор и безопасность полетов / В. А. Пономаренко // Проблемы безопасности полетов: обзорная информация. – М. : ВИНТИ, 1993. – Вып. 1. – С. 36-42.
2. Плотников Н. И. Исследование состоятельности концепции «человеческого фактора» / Н. И. Плотников // Проблемы безопасности полетов : научно-технический журнал. – М. : ВИНТИ, 2008. – №11. – С. 27-36.
3. Горячев В. А. Новый подход к подготовке летного состава за рубежом / В. А. Горячев, Н. Н. Коростелева // Проблемы безопасности полетов : ежемесячный бюллетень. – М. : ВИНТИ, 1988. – №7. – С. 3-12.
4. Коваленко Г. В., Крыжановский Г. А. Учет человеческого фактора в подготовке летного состава за рубежом // Проблемы безопасности полетов : ежемесяч. реф. сб. – М. : ВИНТИ, 1990. – №10. – С. 3-22.
5. Рева О. М. Програми і системи навчання льотного складу прийняттю рішень в ведучих авіакомпаніях світу : методичні вказівки до курсу «Основи теорії прийняття рішень» / О.М. Рева. – Кіровоград : ДЛАУ, 1996. – 19 с.
6. Рева О. М. Досвід ІКАО і провідних авіакомпаній світу щодо врахування людського фактору та індивідуалізації професійної підготовки льотного персоналу /

- О. М. Рева, Г. О. Рева, А. А. Чабак // Проблемы освіти : науково-методичний збірник. – Вип. 34. – К. : Науково-методичний центр вищої освіти, 2003. – С. 56-71.
7. Плотников Н. И. Ресурсы воздушного транспорта / Н. И. Плотников. – Новосибирск : Академия экономики и управления, 2003. – 328 с.
8. Рева А. Н. Человеческий фактор и безопасность полетов : (Проактивное исследование влияния) : монография / А. Н. Рева, К. М. Тумышев, А. А. Бекмухамбетов; науч. ред. А. Н. Рева, К. М. Тумышев. – Алматы : КазГУ, 2007. – 242 с.
9. Фундаментальные концепции человеческого фактора // Человеческий фактор : Сборник материалов №1. – Циркуляр ИКАО 216 AN / 131. – Канада : Монреаль, 1989. – 34 с.
10. Руководство по предотвращению авиационных происшествий. – Док. ИКАО 9422-AN/923. – Канада : Монреаль, 1984. – 144 с.
11. Рева О. М. Характеристика ергатичної системи «інструктор-авіаційний тренажер-льотний екіпаж» / О. М. Рева, О. М. Дмитрієв, О. М. Медведенко, О. Я. Біло // *Авіаційно-космічна техніка і технологія : наук.-техн. ж.* – Харків : Національний аерокосмічний ун-т «ХАІ», 2009. – № 7. – С. 175-187.
12. Погребняк В. И. Учет человеческого фактора при обучении летного состава / В. И. Погребняк // *Проблемы безопасности полетов : ежемесячный бюллетень.* – М. : ВИНТИ, 1982. – №3. – С. 51-58.
13. Рева А. Н. Оптимизация профессиональной деятельности инструктора авиационного тренажера : научно-практические рекомендации / А. Н. Рева, В. А. Горячев, В. А. Кузнецов и др.; под ред. А. Н.Ревы, В. А.Бодрова. – М. : ИПАН, 1990. – 125 с.
14. Недбай С. В. Системологія невизначеності процесів льотної експлуатації повітряних суден / С. В. Недбай // *Авіаційно-космічна техніка і технологія : наук.-техн. ж.* – Харків : Харківський національний аерокосмічний університет «ХАІ», 2010. – № 7. – С. 135-146.
15. Камишин В. В. Методи системного аналізу у кваліметрії навчально-виховного процесу : монографія. – К. : Інформаційні системи, 2012. – 270 с.

ГРОЗОВАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В ЦЕНТРАЛЬНЫХ РЕГИОНАХ УКРАИНЫ И ЕЁ МОДЕЛИРОВАНИЕ НА ТРЕНАЖЁРАХ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

Коренной С.Н.,

Кировоградская летная академия Национального авиационного университета
(Украина)

Актуальность. В настоящее время перед авиационными специалистами многих развитых стран стоит задача по обеспечению необходимой пропускной способности аэропортов при прогнозируемом увеличении объема воздушных перевозок самолетами гражданской авиации к 2015г. в 2,5-3 раза и одновременно снижению аварийности воздушного транспорта. Другими словами, самым актуальным вопросом на сегодняшний день для работников гражданской авиации является гарантия безопасности при высокой интенсивности полетов. Мировой опыт показывает, что безопасность полетов обеспечивается на земле и определяется уровнем теоретической и практической подготовки авиационных работников. Квалификационная оценка воздушной обстановки экипажами воздушных судов и авиационными диспетчерами в экстремальных ситуациях достигается путем фундаментальной теоретической подготовки и при помощи отработки подобных ситуаций на авиационных тренажерах, что определяет степень готовности авиационного персонала к выполнению полетов и управлению воздушным движением в реальных условиях.

Результаты исследования. Одним из наиболее опасных метеорологических явлений является гроза, поэтому отработка упражнений по управлению воздушным движением в зоне грозовой деятельности на тренажерах очень важна. Для реализации модели влияния грозовой деятельности в процедурных тренажерах в зонах ответственности, расположенных в верхнем воздушном пространстве (зоны ответственности РЦ или Control), нами были проанализированы статистические данные о грозах в центральных регионах Украины за период с 1946 года по 2011 год.

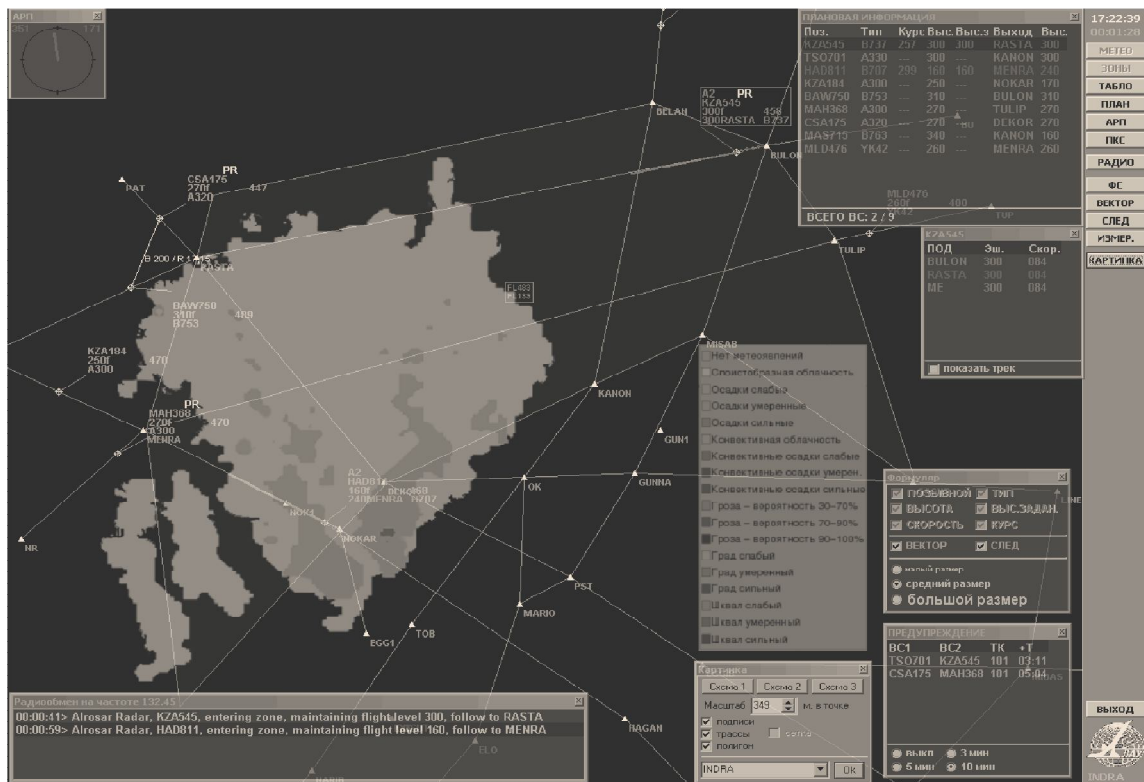


Рисунок 1 – Изображение конвективной облачности на тренажёрном комплексе Fusion.

Анализ проводился по следующим показателям: количество дней с грозой за год; продолжительность гроз в часах; направление приземного ветра во время грозы, температура воздуха на момент начала и окончания грозы.

Отображение грозовой деятельности на тренажере УВД выполняется при помощи так называемого «метеорологического полигона», в который входит информация о ветре, температуре, осадках, видимости у поверхности земли и положении грозовых очагов. Данный метеорологический полигон представляет собой сложную геометрическую фигуру в горизонтальном разрезе, ограниченную по максимальной и минимальной высоте в вертикальном разрезе. В свойства полигона, кроме описания геометрии полигона (координаты условного центра полигона, координаты вершин, описание линий, ограничивающих геометрию полигона, верхняя и нижняя граница по высоте), входят данные, позволяющие описать маршрут и параметры движения условного центра полигона. На мониторе тренажерного комплекса «метеорологический полигон» отображается подобно информации, предоставляемой метеорологическим локатором, где зоны облачности, осадков и грозовой деятельности выделяются разной цветовой гаммой (рис. 1).

Выводы. В тренажерном моделирующем комплексе Fusion предусмотрено два режима моделирования прохождения атмосферных образований: без визуализации (для повышения уровня реализма) и с визуализацией (для наглядности и обучения), при этом реализация механизма влияния метеоусловий на модель поведения воздушного судна не зависит от режима моделирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лещенко Г. П. Авиационная метеорология : учебник. – Кировоград : Изд-во КЛА НАУ, 2012. – 332 с.
2. Лещенко Г. П., Перцель Г. В., Лещенко Е. Г. Метеорологическое обеспечение полетов : учебное пособие. – Кировоград : ГЛАУ, 2010. – 184 с.
3. Метеорологическое обеспечение международной аэронавигации. Международные стандарты и рекомендуемая практика. Приложение 3 к Конвенции о Международной гражданской авиации. – Монреаль: ИКАО. – Июль, 2010.
4. Порядок прийняття рішення на виліт та приліт повітряних суден цивільної авіації України за правилами польотів за приладами. – К. : Наказ Державіаслужби України від 28 квітня 2005 р., № 295.
5. Правила метеорологічного забезпечення авіації. – К. : Наказ Державної служби України з нагляду за забезпеченням безпеки авіації, Міністерства охорони навколишнього природного середовища України, Міністерства оборони України від 14 листопада 2005, № 851/409/661.
6. Технический регламент. Метеорологическое обслуживание международной аэронавигации / ВМО №49, 2007.
7. Яковлев А. М. Авиационная метеорология : учебное пособие. – Л. : ВАУГА, 1966. – 344 с.
8. DOC 7192-AN/857. Руководство по обучению. Часть F-1. Метеорология для диспетчеров УВД и пилотов. – Монреаль : ИКАО, 2002.

ПРОФЕСІЙНІ СИТУАТИВНІ ВПРАВИ ДІАГНОСТИКИ І КОРЕКЦІЇ НЕБЕЗПЕЧНИХ СТРАТЕГІЙ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ АВІАДИСПЕТЧЕРАМИ

Рева О.М.,

Кіровоградський національний технічний університет (Україна),

Мирзоев Б.М., Насіров Ш.Ш.,

Головний центр Єдиної системи управління повітряним рухом держпідприємства AZANS (Азербайджанська Республіка),

Мухтаров П.Ш.,

Национальная академия авиации (Азербайджанська Республіка)

Вступ. Останні десятиліття людський чинник (ЛЧ) є головним об'єктом досліджень в системі заходів забезпечення безпеки польотів (БП) [1]. Існування цієї проблеми визнала Асамблея ІКАО, яка в 1986 р. прийняла резолюцію А26-9 «Безпека польотів і людський чинник». Задля її виконання Аеронавігаційна комісія сформулювала мету цієї задачі таким чином: «Підвищити безпеку в авіації, для чого ширше інформувати держави про роль людського чинника з метою усвідомлення ними його важливості при виконанні польотів повітряних судів цивільної авіації, розробити для них практичний матеріал і заходи, пов'язані з людським чинником, з урахуванням досвіду держав, а також розробити і рекомендувати відповідні поправки до існуючого матеріалу в Додатках та інших документах, що стосуються ролі людського чинника в нинішніх і майбутніх умовах експлуатації. Особлива увага буде приділена аспектам людського чинника, від яких можуть залежати конструкція, перехід і експлуатація майбутніх систем CNS/ATM ІКАО.»

Актуальність досліджень. У вирішенні проблем ЛЧ важливу роль грає питання щодо виявлення осіб льотного і диспетчерського персоналу, схильних до порушень і провокуючих виникнення авіаційних пригод (АП) або, скажімо, потенційно-конфліктних ситуацій (ПКС) в повітряному просторі при управлінні повітряним рухом (УПР). З аналізу наукових джерел [2-8] витікає, що такі «аварійники» дійсно зустрічаються серед авіаційних операторів (авіадиспетчерів (А/Д), пілотів), причому в будь-якій репрезентативній вибірці їх представництво складає 2-4% [9]. Достатньо сказати, що тільки за даними експертів фірми Boeing 12% пілотів є винуватцями 92% АП (!).

Зручним механізмом діагностики «аварійників» є аналіз професійної діяльності авіаційних операторів (АО) за допомогою небезпечних властивостей (якостей, стратегій, відношень) поведінки, оперативного мислення та прийняття рішень (ПР), що були відокремлені американськими вченими з ірраціональної сторони професійних розумових здібностей пілотів (табл. 1) [10, 11]. Було розроблено спеціальне Керівництво з навчання молодих пілотів ПР, де за допомогою професійних ситуативних вправ, що описують різноманітні польотні ситуації здійснюються діагностика і корекція цих небезпечних стратегій. За прогнозними даними експертів повсюдне впровадження такого Керівництва в практику професійної підготовки пілотів має зменшити кількість АП за ЛЧ на 5-20% [12]. Причому в «прокрустове ліжко» прояву небезпечних якостей чітко укладається пояснення неправильної поведінки людини в будь-якій ситуації вибору. Однак, якщо для психологічної діагностики небезпечних властивостей розроблений відповідний тест REDID, який за результатами пілотної апробації визнаний надійним і валідним і застосовується для обстежень АО, аналогу зазначеного Керівництва для А/Д не існує.

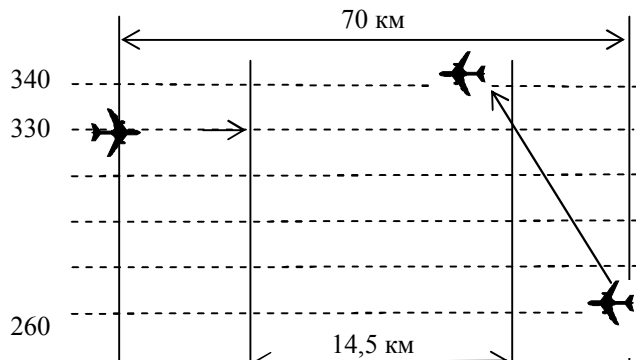
Постановка задачі. Таким чином, враховуючи незвичайно високий позитивний вплив на БП процедур діагностики і корекції небезпечних стратегій ПР у пілотів, *метою* цієї доповіді є розробка спеціальних ситуативних вправ, що охоплювати б професійну діяльність вже А/Д. Тим більше, що А/Д за впливом на БП останнім часом теж віднесені до категорії «операторів переднього краю» [13].

Таблиця 1 – Перелік і характеристика небезпечних стратегій (якостей, відношень) поведінки, оперативного мислення та прийняття рішень

№ п.п.	Стратегії	Ознаки стратегій
1	Ігнорування (недовір'я нетерпимість до авторитетів): «Не командуєте!»	Ця якість виявляється у людей, які не терплять, щоб хто-небудь робив їм зауваження або давав вказівки, що і як робити. Вони вважають: «Ніхто мені не указ!», «Для мене закон не писаний!». Людина, така мисляча, буває обуреною тим, що хтось командує єю або підказує, яких правил або норм вона повинна дотримуватися.
2	Імпульсивність: «Роби що-небудь швидше!»	Така послідовність думок спостерігається у людей, які часто відчують необхідність терміново щось зробити. Вони не зупиняються, щоб проаналізувати власні дії, не вибирають якнайкращий варіант, але роблять перше, що прийде їм в голову.
3	Невразливість: «Зі мною нічого не може трапитися!»	Багато людей вважають, що всі нещастя відбуваються з іншими, а з ними нічого подібного відбутися не може. На рівні теоретичного знання вони розуміють, що неприємності можуть відбутися з кожним, але якась внутрішня упевненість не дозволяє їм віднести це знання до себе. Людина, що так вважає, з великою імовірністю може потрапити в ризиковану ситуацію.
4	Самовпевненість (схильність до позаситуативного ризику, молодецтво, мачо): «Це я можу!»	Мова йде про людей, які завжди прагнуть довести собі або іншим, що вони кращі і більш здатні отримати позитивний результат, ніж про них думають або навіть можуть подумати. Вони доводять це, ризикуючи і прагнучи справити враження.
5	Покірність, упокорювання: «Навіщо? Яка користь?»	Люди, які так думають, не приписують собі заслуг в тому, що з ними відбувається. Якщо їм добре, вони говорять: «Повезло!». Якщо справи кепські, тоді приписують це невдачі. Вони схильні давати можливість діяти іншим, але часто можуть зробити щось «за компанію» або підкоряться нетямущому розпорядженню.

Результати досліджень. Отже, розробка професійних ситуативних вправ діагностики і корекції небезпечних стратегій ПР А/Д в процесі безпосереднього управління повітряним рухом (УПР) має важливе значення для забезпечення БП по ЛЧ в аеронавігаційних системах. З цією метою було розроблено 20 ситуативних вправ. Приклад однієї з них поданий в табл. 2.

Таблиця 2 – Приклад ситуаційної вправи діагностики і корекції небезпечних стратегій прийняття рішень авіадиспетчерами в процесі управління повітряним рухом

Зміст ситуативної вправи	Варіант відповіді	Стратегія, що діагностується
<p>Два повітряні судна виконують політ по пересічних треках. ПС Ту-154 – на FL 330, ПС В-737 – на FL 260. Пілот В-737 робить запит щодо переходу на ешелон FL 340. Відстань між ПС складає 70 км. Диспетчер ПС-2 видає дозвіл займати FL 340. У момент перетину зайнятого FL 330 відстань між ПС складала 14,5 км. (в той час як нормативно встановлено, що в момент перетину FL 330 відстань між ПС має складати 30 км.).</p> 	Розробник таких нормативів, ніколи не сидів за диспетчерським пультом. Відстань в 30 км. (по документах) дуже завищена, літаки зможуть чудово розійтися і на 10 км.	Ігнорування
	Пілот чекає відповіді, я повинен видати команду негайно.	Імпульсивність
	Я вже багато раз дозволяв заняття ешелону в таких умовах, ешелонування не може бути порушене.	Невразливість
	Я не можу припуститися помилки! Все буде добре, він встигне зайняти ешелон.	Самовпевненість
	Це ж пілот сам запитав ешелон, я його не примушував.	Упокорювання

Зміст вказаних вправ базується як на реальних помилках диспетчерів, що призвели до АП чи ПКС при УПР, так і на багатому особистому досвіді практичної і інструкторсько-методичної роботи Б.М. Мірзоева, Ш.Ш. Насирова і П.Ш. Мухтарова, співавторів цієї доповіді. Рис. 1 дає наочне уявлення про розподіл результатів тестування деякого віртуального диспетчера N.

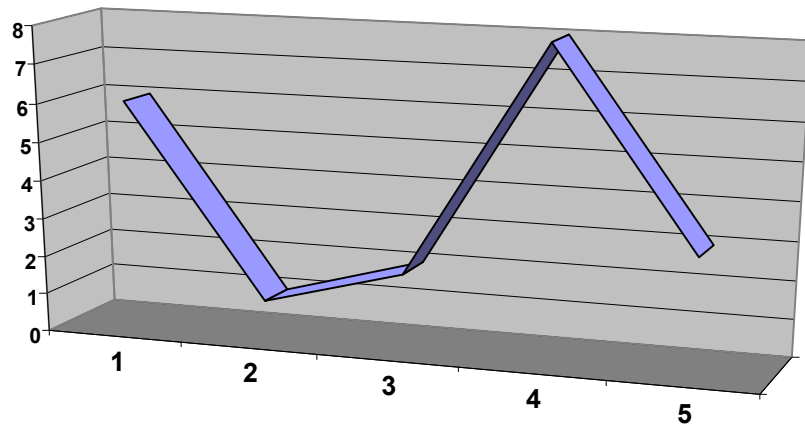


Рисунок 1 – Розподіл результатів тестування диспетчера N для діагностики небезпечних стратегій за допомогою професійних вправ: 1 – ігнорування; 2 – імпульсивність; 3 – невразливість; 4 – самовпевненість; 5 – покірність

Слід звернути увагу, що, оскільки у варіантах відповідей немає жодного правильного, про що випробовувані А/Д відразу ж повідомляються, то, по-перше, підвищується щирість відповідей, адже вони вже не замислюються над їх «правильністю» з погляду можливого соціального покарання за «неправильний». По-друге, істотно розширюються уявлення А/Д про можливі неправильні дії, чим реалізується стародавній принцип «*Praemonitus praeminitus* («Попереджений, отже, озброєний»)). По-суті, мова дійсно йде про проактивне врахування впливу ЛЧ на БП.

Вкажемо також, що реалізація вказаного підходу сприятимиме усуненню нестикжок сполучення «людина – процедури (правила)» моделі SHELL ІКАО, що рекомендується для оптимізації процесів функціонування авіаційних ергатичних систем за ЛЧ [1; 6; 13; 14].

Висновки. Узагальнюючи отримані і подані в цій доповіді нові наукові результати, вкажемо на розробку нового діагностичного і корекційного механізму проактивного попередження негативного впливу ЛЧ при УПР на БП. А саме, враховуючи провідний досвід, уперше у світі розроблений прототип Керівництва для навчання А/Д ПР, коли для розв'язання професійних ситуативних вправ їм пропонується користуватися виключно неправильними рішеннями. Такий підхід формує знання, вміння, навички розпізнавання помилкових рішень та їх запобігання під час реального УПР.

Подальші дослідження слід проводити в напрямку апробації і вдосконалення зазначеного Керівництва з ПР шляхом встановлення надійності та валідності відповідних ситуативних вправ.

ЛІТЕРАТУРА

1. Человеческий фактор в системе мер безопасности гражданской авиации: Док. ІКАО 9808 – AN / 765. – Канада : Монреаль, 2002.
2. Курашвили В. А. Некоторые вопросы профессионального отбора и психологической подготовки летного состава / В. А. Курашвили, Д. И. Шпаченко, Л. И. Туркаль // Проблемы безопасности полетов : ежемесячный бюллетень. – М. : ВИНТИ, 1984. – № 8. – С. 35-41.
3. Плотников Н. И. Зарубежная практика профессиональной подготовки летного

персонала : обзорная информация / Н. И. Плотников. – М. : ЦНТИГА, 1989. – 42 с.

4. Бондарчук И. Е. О повышенной педверженности части лиц летного персонала риску «попадания в инциденты» / И. Е. Бондарчук, Н. М. Грицаенко // Безопасность полетов и человеческий фактор в авиации : тез. докл. VI Всесоюзн. науч.-практ. конф. (Ленинград, 15-17 окт. 1991г.) – Л. : АГА, 1991. – Секция 1, 2. – С. 70-71.

5. Рева А. Н. Психологическая надежность авиационных операторов и диагностика опасных качеств оперативного мышления / Г. А. Крыжановский, А. Н. Рева, С. Н. Неделько // Оптимизация летной эксплуатации и профессиональной подготовки летного состава гражданской авиации : межвуз. тематич. сб. науч. тр. – СПб. : АГА, 1994. – С. 106-118.

6. Рева А. Н. Человеческий фактор и безопасность полетов: (Проактивное исследование влияния) : монография / А. Н. Рева, К. М. Тумышев, А. А. Бекмухамбетов ; науч. ред. А. Н. Рева, К. М. Тумышев. – Алматы, 2007. – 242 с.

7. Вайлетт Патрик Р. Невезучие летчики – судьба или свойства характера / Патрик Р. Вайлет // Авиатранспортное обозрение. – 2007. – № 76. – С. 71-74.

8. Рева О.М. Пілоти-«аварійники»: аналітичний огляд причин авіаційних подій за людським фактором / О. М. Рева, В. П. Булава // Залізничний транспорт України : наук.-практ. журнал. – 2008. – № 6. – С.37-41.

9. Рева О. М. Оцінка небезпечних властивостей поведінки, оперативного мислення та прийняття рішень у майбутніх юристів / О. М. Рева, О. В. Михайлов // Проблеми пенітенціарної теорії і практики : бюлетень Київського інституту внутрішніх справ. – К. : КІВС. – 1999. – №4. – С. 193-196.

10. Jensen R. S., Andrien J. Aeronautical Decision Making for instrumental Pilot / R.S., Jensen, J. Andrien. DOT / FAA / PM-86/42.

11. Горячев В. А. Новый подход к подготовке летного состава за рубежом / В. А. Горячев, Н. Н. Коростелева // Проблемы безопасности полетов : ежемесячный реферативный сборник. – М. : ВИНТИ, 1990. – №10.

12. Brecher V. R. A Question of Judgment / V. R. Brecher // Flying. – 1981. – vol. 108. – №5. – P. 48-52.

13. Бабак В. П. Безпека авіації / [В. П. Бабак, В. П. Харченко, В. О. Максимов та ін.]; за ред. В. П.Бабака. – К. : Техніка, 2004. – 504 с.

14. Фундаментальные концепции человеческого фактора // Человеческий фактор: Сборник материалов №1. – Циркуляр ИКАО 216 AN / 131. – Канада : Монреаль, 1989. – 34 с.

СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ОРГАНІЗАЦІЇ ДІЯЛЬНОСТІ ДИСПЕТЧЕРСЬКОЇ ЗМІНИ, ЯК НЕВЕЛИКОЇ ГРУПИ АВІАЦІЙНИХ ОПЕРАТОРІВ

Рева О.М.,

Кіровоградський національний технічний університет (Україна),

Невиніцин А.М.,

Кіровоградська льотна академія Національного авіаційного університету (Україна),

Бірюков Ю.Ю.,

Львівський регіональний структурний підрозділ ДП «Укрерорух» (Україна),

Савонина Н.А.,

Кіровоградська льотна академія Національного авіаційного університету

(Україна)

Вступ. Вже протягом кількох десятиліть людський чинник (ЛЧ) є сталою першопричиною абсолютної більшості авіаційних пригод (АП). І хоча на теперішній час рівень безпеки польотів (БП) незрівняно вище, ніж він був, скажімо, 68-70 років тому, роль ЛЧ, на жаль, не змінилася, незважаючи на його повсюдне визнання. Причому останнім часом авіаційними установами, адміністраціями, дослідниками все більше уваги приділяється питанням проактивного попередження негативного впливу ЛЧ на БП.

Актуальність досліджень. Слід зазначити, що ІКАО, узагальнюючи практичний досвід провідних авіакомпаній і результати наукових досліджень, видала майже 30 різноманітних керівництв та збірників з проблем впливу ЛЧ на БП. Однак, при цьому недостатньо уваги приділяється діяльності авіаційних операторів (АО), тобто авіадиспетчерів (А/Д) в аеронавігаційних системах. Ще менше досліджень присвячено проактивному вдосконаленню діяльності невеликих груп АО (диспетчерських змін (ДЗ), льотних екіпажів), хоча відповідні проблеми явно є областю досліджень такої нової наукової дисципліни, як організаційна ергономіка [1; 2]. Якщо підходить до функціонування ДЗ і аеронавігаційної системи в цілому з позицій системного аналізу і організаційної ергономіки, то йдеться про гуманістичну (у розумінні Л. Заде [3]) активну [4], організаційну [5] систему, діяльність якої нормативно регламентується ІКАО [6] і яка обов'язково має розвинуту структуру [1]. Відповідні дослідження ефективності структурно-функціональної організації зазначених систем проводилися С.Д. Кульназаровим (Казахстан), В.І. Вдовиченком, І.М. Устименком (Росія), Г.Л. Барановим, О.М. Ревою (Україна) та ін. Однак, відповідні структури формувалися, виходячи з багатого практичного досвіду їх розробників, тому не мають наукового обґрунтування і не є досконалими.

Постановка задачі. Виходячи з наведеного, *метою* цього дослідження є формування структури ДЗ, розгляд та опис процесів взаємодії її членів між собою під в процесі безпосереднього обслуговування повітряного руху.

Результати досліджень. Структурну схему взаємодії А/Д у ДЗ можна наочно уявити у вигляді відповідної схеми, однак, враховуючи обмеженість встановленого обсягу доповіді, подамо взаємодію між ними як матрицю інценденцій (табл. 1), де:

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } i - \text{й А/Д технологічно зв'язаний з } j - \text{тим} \\ 0 & - \text{в протилежному випадку} \end{cases} \quad (1)$$

Отже, організація роботи А/Д являє собою комплексний процес взаємодії авіаційних диспетчерських пунктів (ДП), що визначає інтенсивні групові взаємодії у зміні. Для аналізу ефективності структури розрахуємо ряд показників, що характеризують граф [7-11]. Насамперед слід визначитися з *зв'язаністю графа*. Граф вважається зв'язаним, якщо для любых вершин i та j існує ланцюг, який їх зв'язує. Відповідна кількісна характеристика дозволяє виявити наявність обривів у структурі, висячі вершини та інше.

Таблиця 1 – Матриця інцидентій вершин графа-моделі структурно-функціональної організації діяльності диспетчерської зміни

Вершина графа i	Вершина графа j									$\sum_j a_{ij}$
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	–	1	1	1	1	1	1	1	1	8
3	1	–	1	1	1	1	1	1	1	8
4	1	1	–	1	0	0	0	0	0	3
5	1	1	1	–	1	0	0	0	0	4
6	1	1	0	1	–	1	0	0	0	4
7	1	1	0	0	1	–	1	0	0	4
8	1	1	0	0	0	1	–	1	0	4
9	1	1	0	0	0	0	1	–	1	4
$\sum_i \sum_j a_{ij}$										42

ПРИМІТКИ: вершина 1 – керівник польотів (КП); 2 – старший диспетчер; 3 – диспетчер аеродромного ДП; 4 – ДП руління; 5 – ДП старта; 6 – ДП посадки; 7 – ДП кола; 8 – ДП підходу; 9 – ДП контролю (районного центра)

Показник зв'язаності усіх елементів відповідає виконанню такої умови:

$$i \neq j: \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij} \geq (n-1) \Leftrightarrow \frac{1}{2} 42 \geq (9-1) \Leftrightarrow 21 > 8. \quad (2)$$

Таким чином, граф-модель взаємодії у А/Д у типовій ДЗ, яку ілюструє матриця інцидентій (табл. 1) є зв'язаним.

Структурна надмірність (чи живучість групи) R відображає перевищення загальної кількості зв'язків над мінімально-необхідною:

$$R = \frac{1}{2(n-1)} \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij} \right] - 1 = \frac{42}{2(9-1)} - 1 = 1,6 > 0. \quad (3)$$

Вважається, що якщо

$$\begin{cases} R > 0 & - \text{система має максимальну надмірність} \\ R = 0 & - \text{система має мінімальну надмірність} \\ R < 0 & - \text{система незв'язана} \end{cases} \quad (4)$$

Спираючись на результати обчислень (3) та вираз (4) робимо висновок, що досліджуваний граф-модель функціонування ДЗ максимальну надмірність.

Момент групи характеризує керованість нею формальним лідером (керівника польотів та старшого диспетчера, який дублює його дії) та обчислюється за

$$M = \frac{\sum_{i=1}^n a_i}{a_i^2} \sum_{i=1}^n (a_i - a_i) = \frac{42}{8^2} [(8-3) \cdot 2 + (8-4) \cdot 5] = 19,7, \quad (5)$$

де a_i – кількість зв'язків лідера групи. В нашому випадку (табл. 2) лідером ДЗ є КП старший диспетчер, який дублює його роботу, що й знайшло відображення у відповідних обчисленнях (5). Встановлено, що за інших рівних умов структура групи буде тим ефективніша, чим більше будуть значення показників K та M .

Рівномірний розподіл зв'язків в структурі графа. Природно, що система з більшою надмірністю R потенційно безпечніша, але в деяких завданнях аналізу структурної надійності її доцільно доповнити параметрами, що враховують нерівномірність розподілу зв'язків ε^2 , який характеризує недовикористання можливостей

структури, що має m ребер і n вершин, в досягненні максимальної зв'язаності. Для визначення показника ε^2 будується матриця інциденцій вершин та ребер графа (табл. 2) і застосовується така формула:

$$\varepsilon^2 = \sum_{i=1}^n (\rho_i - \bar{\rho})^2 = \sum_{i=1}^n \rho_i^2 - 4 \frac{m^2}{n} = (8^2 \cdot 2 + 3^2 \cdot 2 + 4^2 \cdot 5) - 4 \frac{21^2}{9} = 30, \quad (6)$$

де $m=21$ – кількість ребер графа, котрий відображає матриця інциденцій табл. 2.

Таблиця 2 – Матриця інциденцій вершин і ребер графа-моделі структурно-функціональної організації діяльності диспетчерської зміни

Ребро j	Вершина i								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	1	–	–	–	–	–	–	–
2	–	1	1	–	–	–	–	–	–
3	–	–	1	1	–	–	–	–	–
4	–	–	–	1	1	–	–	–	–
5	–	–	–	–	1	1	–	–	–
6	–	–	–	–	–	1	1	–	–
7	–	–	–	–	–	–	1	1	–
8	–	–	–	–	–	–	–	1	1
9	1	–	1	–	–	–	–	–	–
10	1	–	–	1	–	–	–	–	–
11	1	–	–	–	1	–	–	–	–
12	1	–	–	–	–	1	–	–	–
13	1	–	–	–	–	–	1	–	–
14	1	–	–	–	–	–	–	1	–
15	1	–	–	–	–	–	–	–	1
16	–	1	–	1	–	–	–	–	–
17	–	1	–	–	1	–	–	–	–
18	–	1	–	–	–	1	–	–	–
19	–	1	–	–	–	–	1	–	–
20	–	1	–	–	–	–	–	1	–
21	–	1	–	–	–	–	–	–	1
$\sum_j \rho_{ij}$	8	8	3	4	4	4	4	4	3

Структурна компактність D . Для її кількісної оцінки вводиться параметр, що відображає близькість вершин графа. Близькість двох вершин i і j має сенс відстані і визначається мінімальною довжиною ланцюга d_{ij} з найменшим числом ланок (ребер), якими можна пройти з одного вузла в іншій (табл. 3). Тоді показник

$$i \neq j: D = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m d_{ij} = 113. \quad (7)$$

Для кількісної оцінки структурної компактності часто використовують такий відносний показник

$$D_{\text{відн.}} = \frac{D}{D_{\text{min}}} - 1 = \frac{113}{9(9-1)} - 1 = 0,57. \quad (8)$$

де $D_{\text{min}} = n(n-1)$ – мінімальне значення компактності структури.

Структурну компактність характеризує також і інший показник – **діаметр структури**:

$$d = \max_{ij} d_{ij} = 2. \quad (9)$$

Враховуючи переважаючий інформаційний характер зв'язків в структурно-функціональній ДЗ, можна з упевненістю сказати, що $D_{відн.}$ і d інтегрально оцінюють інерційність інформаційних процесів в системі, а при рівних значеннях ε^2 і R їх збільшення відображає зростання кількості роз'єднуючих зв'язків. При цьому слід зазначити, що така ситуація сприяє зниженню загальної надійності системи.

Таблиця 3 – Матриця відстаней між вершинами графа

Вершина графа i	Вершина графа j									$\sum_j d_{ij}$
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	8
2	1	0	1	1	1	1	1	1	1	8
3	1	1	0	1	2	2	2	2	2	13
4	1	1	1	0	1	2	2	2	2	12
5	1	1	2	1	0	1	2	2	2	12
6	1	1	2	2	1	0	1	2	2	12
7	1	1	2	2	2	1	0	1	2	12
8	1	1	2	2	2	2	1	0	1	12
9	1	1	2	2	2	2	2	1	0	13
$\sum_i \sum_j d_{ij}$										113

Ступінь централізації в структурі. Для її кількісної оцінки використовується поняття індексу центральності:

$$\delta = (n-1)(2z_{\max} - n) \frac{1}{z_{\max}(n-2)} = \frac{(9-1)(2 \cdot 7,06 - 9)}{7,06(9-2)} = 0,83, \quad (10)$$

де z_{\max} – максимальне значення показника:

$$i = \overline{1, n}, \quad i \neq j: \quad \max \left(z_i = \frac{D}{2} \left(\sum_{j=1}^n d_{ij} \right)^{-1} \right) = z_1 = z_2 = 7,06. \quad (11)$$

Висновки. Провівши структурно-функціональний аналіз діяльності ДЗ як невеликої групи авіаційних операторів, вкажемо на такі найбільш суттєві положення. Основною позитивною рисою дослідження офіційних структур є потреба у мінімальному об'ємі апіорної інформації про неї у вигляді наявності зв'язків між елементами, що утворюють структуру. Структура є зв'язаною і має максимальну надійність. Діаметр структури дорівнює двум крокам-ребрам між максимально віддаленими елементами. Обчислені також показники керованості групою, рівномірності розподілу зв'язків, структурної компактності, ступеня централізації.

Подальші дослідження ефективності структури діяльності ДЗ як невеликої групи АО слід проводити увівши функції на графах, а також застосовуючи організаційні графи.

ЛІТЕРАТУРА

1. Человеческий фактор в управлении и организации : Сборник материалов №10. – Циркуляр ИКАО 247-AN/148. – Канада : Монреаль, 1993. – 48 с.
2. Герасимов Б. М. Організаційна ергономіка: Методи та алгоритми досліджень і проектування : монографія / Б. М. Герасимов, В. В. Камишин. – К. : Інфосистем, 2009. – 212 с.
3. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений : пер. с англ. Н. И. Ринго / Л. Заде; под ред. Н. Н. Моисеева, С. А. Орловского. – М. : Мир, 1976. – 165 с.

4. Бурков В. Н. Теория активных систем: состояние и перспективы / В. Н. Бурков, Д. А. Новиков. – М. : Синтег, 1999. – 128 с.
5. Новиков Д. А. Теория управления организационными системами / Д. А. Новиков. – М. : МПСИ, 2005. – 584 с.
6. Обслуживание воздушного движения (Диспетчерское обслуживание воздушного движения, полетно-информационное обслуживание, служба аварийного оповещения): Приложение 11 к Конвенции о международной гражданской авиации. – Канада : Монреаль. – Июль, 2001.
7. Нечипоренко В. И. Структурный анализ систем (Эффективность и надежность) / В. И. Нечипоренко. – М. : Сов. радио, 1977. – 216 с.
8. Денисов А. А. Теория больших систем управления : учеб. пособ. / А. А. Денисов, Д. Н. Колесников. – Л. : Энергоиздат, 1981. – 238 с.
9. Шибанов Г. П. Количественная оценка деятельности человека в системах «человек-техника» / Г. П. Шибанов. – М. : Машиностроение, 1983. – 263 с.
10. Основы инженерной психологии : учеб. для вузов / Б. А. Душков, Б. Ф. Ломов, В. Ф. Рубахин [и др.]; под ред. Б. Ф. Ломова. – М. : Высшая школа, 1986. – 448 с.
11. Ивашкин Ю. А. Моделирование систем. Структурно-параметрические и агентно-ориентированные технологии: лабораторный практикум / Ю. А. Ивашкин, Е. А. Назойкин. – М. : МГУПБ, 2010. – 134 с.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ФОРМИРОВАНИЯ УПРАЖНЕНИЙ ДЛЯ ТРЕНАЖЕРНОЙ ПОДГОТОВКИ АВИАДИСПЕТЧЕРОВ

Сало Н.А., Землянский А.В.,

Кировоградская летная академия Национального авиационного университета
(Украина)

Актуальность. С целью выявления методов формирования упражнений, используемых инструкторско-методическим составом тренажерного центра Кировоградской летной академии Национального авиационного университета (КЛА НАУ) и диспетчерами-инструкторами региональных структурных подразделений Украэроруха, был проведен экспертный опрос в форме свободной беседы с экспертами. В качестве экспертов выступили более 20 специалистов, которые по роду своей профессиональной деятельности занимаются вопросами создания упражнений. Главной темой беседы выступали методы формирования упражнений, но в качестве дополнительных направлений затрагивались все темы, связанные с главной. Примерами дополнительных направлений могут служить: определение уровня сложности упражнений, применение разнообразных методов создания потенциально-конфликтных ситуаций в упражнении, применение особых случаев в полете и особых условий в полете для усложнения задач. Большое время уделялось вопросам подготовки индивидуальных упражнений с учетом профессиональных качеств обучаемых.

Результатом проведенного исследования и обработки полученных материалов стала сводная таблица методов формирования упражнений. Следует учитывать, что в сводную таблицу не вошли комбинации выявленных методов формирования упражнений.

Таблица 1 – Сводная таблица методов формирования упражнений

№	Наименование метода	Частота использования, %	Коэффициент времени на формирование упражнения	Коэффициент времени на проверку упражнения
1	Ручное формирование без применения специальных инструментов	<5	2,4	до 15
2	Ручное формирование с применением специальных инструментов	20	2,4	до 4 (до 0,2)
3	Корректировка (изменение) ранее созданного упражнения	70	1,5	до 4 (до 0,2)
4	Автоматизированное формирование упражнения	<5	0,3	до 0,2
5	Автоматическое формирование упражнения	<5	<0,1	до 0,2

Пояснения к сводной таблице:

Ручное формирование упражнений без применения специальных инструментов подразумевает создание упражнения методом составления плана полетов без использования тренажерных комплексов («на бумаге»). Проверка производится на тренажерных средствах запуском симуляции и прохождением ее для выявления соответствия упражнения заданным параметрам. По временным затратам такой метод можно разбить на три этапа: составление упражнения, ввод упражнений с систему симуляции (тренажер) и проверку упражнения. Явными недостатками такого метода являются очень высокие требования к квалификации специалиста, составляющего это

упражнение, высокий уровень требуемой формализации при постановке задачи, большое время на создание упражнения, требующего ручного ввода всех полетных данных по каждому ВС в систему, в соответствии с задуманным или реальным планом полета. Процесс проверки, корректировки и доводки упражнения до этапа полного, законченного упражнения с заданными параметрами и для конкретных целей, требует не меньшего времени. Такой метод в современных условиях применяется крайне редко.

Ручное формирование упражнений с применением специальных инструментов подразумевает создание упражнения методом составления плана полетов на специальных программных (или программно-аппаратных) комплексах, которые, как правило, поставляются в составе тренажеров. Проверка производится на тренажерных средствах запуском симуляции и прохождением ее для выявления соответствия упражнения заданным параметрам. Преимуществом такого метода является возможность создания модифицированного и уникального упражнения заданного уровня сложности в соответствии с текущими задачами. Недостатками такого метода являются высокие требования к квалификации специалиста, составляющего это упражнение, высокий уровень требуемой формализации при постановке задачи, большое время на создание и проверку упражнения. Вместе с тем следует отметить, что применение современных средств проверки упражнений, например моделирующего комплекса работы авиадиспетчера Fusion, позволяет существенно сократить время на формирование и проверку упражнения по сравнению с традиционными инструментами, применяемыми в тренажерных центрах региональных структурных подразделений Укрэроураха.

Корректировка или изменение ранее созданного упражнения является самым популярным методом формирования упражнений. При использовании такого метода новое упражнение создается на основе ранее созданного. Таким образом, значительно уменьшается время и трудозатраты на формирование упражнения. Проверка упражнения требует меньше времени, т.к. особое внимание при проверке, как правило, требуют только измененные фрагменты. Применение такого метода позволяет создавать большое количество упражнений при относительно небольших временных затратах и относительно низкой трудоемкости процесса.

Недостатком такого метода является быстрое и неизбежное привыкание курсантского и диспетчерского состава к устаревшим конфликтным ситуациям, теряется новизна упражнения, неожиданность и многовариантность новых конфликтных ситуаций, что сводит тренажерную подготовку на диспетчерских тренажерах к скучному, монотонному и давно изученному процессу.

Автоматизированное формирование упражнения подразумевает использование инструментария, который позволяет первоначально автоматически создавать упражнение с заданными параметрами, а затем изменять его в соответствии с поставленными задачами. Такой метод создания упражнений является модификацией метода. **Корректировки ранее созданного упражнения**, с той разницей, что первоначальная «заготовка» создается автоматически.

Автоматическое создание упражнения производится с применением специализированных программных средств, позволяющих выполнять такую функцию. На сегодняшний день единственным доступным (для использования в рамках нашего исследования) инструментом для реализации такого метода является модуль генерации упражнений SkyMaster, входящий в состав моделирующего комплекса работы авиадиспетчера, разрабатываемого в Научно-производственном институте аэронавигации КЛА НАУ.

Выводы. Частота использования метода выявлялась сравнением общего количества применения экспертами указанного метода к их суммарному количеству. Коэффициенты времени на формирование и проверку упражнений отражают временные затраты на соответствующую операцию относительно времени самого упражнения.

РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО СОСТАВЛЕНИЮ РАСПИСАНИЯ ПОДГОТОВКИ КУРСАНТОВ НА ДИСПЕТЧЕРСКОМ ТРЕНАЖЕРЕ

Сорока М.Ю., Дмитриев И.О.,

Кировоградская летная академия Национального авиационного университета
(Украина)

Введение. Динамичное развитие гражданской авиации требует дальнейшего совершенствования системы ОВД. В целях обеспечения надежного обслуживания воздушного движения внедряются в эксплуатацию новые радиотехнические средства, автоматизированные системы ОВД и вычислительная техника, что требует существенной подготовки диспетчерского состава службы движения, более глубоких знаний, умений и навыков. Одним из основных направлений подготовки, является подготовка на диспетчерских тренажерах.

Диспетчерский тренажер (ДТ) предназначен для обучения, поддержки, повышения профессионального уровня, сертификационных проверок диспетчеров ОВД, а также проведения исследований по вопросам организации воздушного движения.

Цель создания тренажера – предоставление возможности тренировки диспетчеров ОВД без влияния на реальное воздушное движение и осуществление контроля уровня профессиональной подготовки тренируемого.

Функционирование ДТ обеспечивает моделирование функций рабочих мест диспетчеров РДЦ, ДОП и АДВ.

При подготовке тренажных упражнений создается библиотека тренажных упражнений, их отбор по указанным параметрам и адаптация тренажера к условиям и плану их выполнения.

Среди путей достижения максимального уровня подобности и профессиональности подготовки значительное место занимает оборудование тренажерной техники с одновременным снижением затрат, связанных с подготовкой специалистов ОВД и совершенствование программ подготовки. Эти цели достигаются созданием тренажеров ОВД нового поколения.

Внедрение на Украине систем ОВД производства фирмы «Аэротехника» привело к созданию при тренажерном центре ОВД ГЛАУ в 2001 году лаборатории по разработке перспективной тренажерной техники на базе ПЭВМ, моделирующих эти системы. Была создана программно-методическая группа, в состав которой вошли специалисты по компьютерной технике и опытные профессионалы в области ОВД. Основной целью работы этой группы была разработка и внедрение в систему практической подготовки тренажеров нового поколения, позволяющих совершенствовать и гибко видоизменять систему тренажерной подготовки с учётом изменяющихся требований к работе персонала ОВД.

С 2010 года на кафедре УВД ГЛАУ для проведения практических занятий применяется программный моделирующий комплекс, разработанный Научно-производственным институтом аэронавигации ГЛАУ (НПИ Аэронавигации ГЛАУ).

Одной из составных частей моделирующего комплекса (МК) является модуль интеграции для групповых занятий КЛАСС. Он предназначен для организации в учебных заведениях и предприятиях занятий в группах. КЛАСС состоит из нескольких рабочих мест:

- рабочего места обучаемого, предназначенного для курсантов(обучаемых);
- рабочего места инструктора с доступом к инструментам формирования, наблюдения и контроля за списком заданий для обучаемых и инструментарием МППР;
- рабочего места администратора.

Актуальность исследования. На данном этапе подготовки существует проблема в расписании занятий тренажерной подготовки курсантов. Занятия проходят без учета психофизиологических качеств курсантов, что на порядок ухудшает как личную успеваемость, так и успеваемость всей группы. Поэтому необходим индивидуальный подход в проведении подготовки на тренажерах УВД.

Постановка задач. Для реализации индивидуального подхода необходимо составление индивидуальных расписаний на основе анализа накопленных данных о проведении тренажерных занятий курсантов. Для анализа необходимо раскрыть структуру хранимых данных.

Выполнив построение инфологической модели, извлечем необходимые данные из базы данных тренажера. Ниже приведен пример полученных данных.

Таблица 1 – Данные полученные с БД об успеваемости курсанта.

Ф.И.О. курсанта	число	задача	Нарушение полета в ГП	Нарушение безопасного интервала	Угроза столкновения	Опасное сближение	Грубое нарушение регулярности	регулярность	экономичность	оценка
Курсант 1	10.09	ТС 01	8	6	1	1	6	64000	89645	2
	13.09	ТС 02	7	4	3	0	1	42000	68756	2
	21.09	ТС 03	2	1	0	0	3	58000	52458	2
	24.09	ТС 04	0	0	1	1	0	26000	44875	3
	26.09	ТС 05	0	0	0	0	1	36000	39785	4
	28.09	ТС 06	0	0	0	0	0	23000	35698	5
	05.10	ТС 07	2	0	0	0	0	21000	44201	3
	10.10	ТС 08	0	0	1	1	0	29000	39856	3
	15.10	ТС 09	1	0	1	0	1	34000	45045	3
	25.10	ТС 01	4	1	2	1	2	43000	56324	2
	30.10	ТС 02	2	0	0	0	1	36000	57854	3
	02.11	ТС 03	0	0	0	0	2	41000	54787	4
	08.11	ТС 04	0	0	0	0	1	33000	41258	4
	16.11	ТС 05	2	0	1	0	0	29000	51024	3
	19.11	ТС 06	0	1	0	0	2	45000	61204	4
	23.11	ТС 07	0	0	0	0	0	21000	36895	5
	30.11	ТС 08	0	0	0	0	0	27000	69542	4
	07.12	ТС 09	0	0	0	1	0	26000	56421	4
	14.12	ТС 01	0	2	0	0	3	57000	36875	3
	17.12	ТС 02	0	0	0	0	0	20000	42154	5
20.12	ТС 03	0	0	0	0	0	22000	42105	5	
26.12	Долги	0	0	0	0	0	26000	39545	5	
28.12	Долги	0	0	0	0	0	21000	32015	5	

Используя полученные данные выполнялось построение графиков ошибок курсантов в процессе обучения.

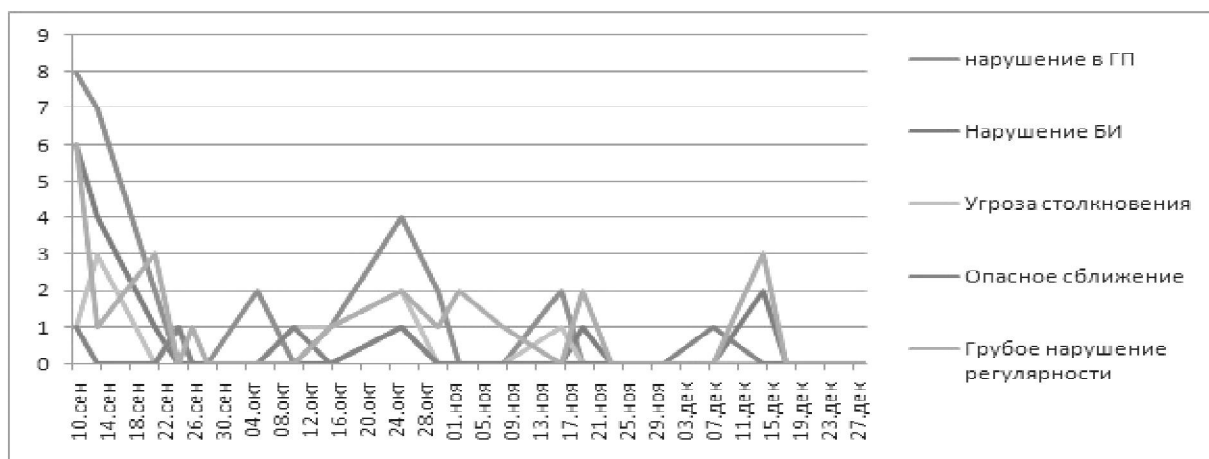


Рисунок 1 – Ошибки курсанта 1 в процессе обучения



Рисунок 2 – Графік успеваемости курсанта 1.

Судя по данным графика 1, можно заметить, что успеваемость «курсанта 1» ухудшается, если перерыв между занятиями составляет более чем 3 дня. Линейная оценка показывает незначительный прирост успеваемости. Исходя из этих данных, необходимо составить индивидуальный план занятий, в котором у этого курсанта занятия по данному тренажеру необходимо проводить с перерывом не более 3 дней. В этом учитывая психофизиологические качества, материал будет усваиваться продуктивней, чем при занятиях с текущим расписанием.

Результаты исследования. Раскрыв структуру хранимых данных с помощью инфологической модели, был проведен статистический анализ накопленных данных. В котором выяснилось, что 37% курсантов необходимо проводить занятия чаще для успешного усвоения материала. 40% расписание подходит, и 23% можно сократить посещение занятий, что не скажется на их успеваемости.

Выводы. В соответствии с полученными данными, необходимо формировать расписание по тренажерной подготовке в индивидуальном порядке, учитывая личностные качества каждого курсанта. В соответствии с полученными данными формировать группы курсантов по необходимому промежутку времени между занятиями для лучшего усвоения материала. Группы будут формироваться по 3-м категориям:

- 1) курсанты, которым необходимы занятия с промежутком не менее 3 дней;
- 2) курсанты, которым необходимы занятия с промежутком не менее 5 дней;
- 3) курсанты, которым необходимы занятия более 1 раза в учебную неделю.

Данная перегруппировка курсантов позволит оптимизировать обучение всех курсантов, выведя его на одинаково успешный уровень успеваемости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Неделько В. Н. Методические рекомендации для выполнения курсовой работы по дисциплинам «Информационные технологии в АНОП», «Информационные технологии в ОВД» для курсантов специальности «Обслуживание воздушного движения» / В. Н. Неделько. – Кировоград, 2001. – 44 с.
2. Конспект лекций по дисциплине Спецподготовка по ОВД.
3. Извалов А. В. Разработка алгоритмов автоматической генерации упражнения на диспетчерском тренажере для развития требуемых навыков / А. В. Извалов, В. Н. Неделько, С. Н. Неделько // Наукові праці академії. – Вип. XII. – Кировоград, 2007. – С. 274-282.
4. Извалов А. В. Решение комбинаторных задач, связанных с автоматизированной генерацией упражнения на тренажере по управлению воздушным движением / А. В. Извалов, В. Н. Неделько // Матеріали V міжвузівського наук.-практ. Семінару «Комбінаторні конфігурації та їх застосування». – Кировоград, 2008. – С. 32-35.

5. Паленый А. С. Применение мультиагентного подхода для реализации автоматизированного анализа действий авиадиспетчеров на комплексных тренажерах обслуживания воздушного движения / А. С. Паленый // Наукові праці академії. – Вип. XII / за ред. Р. М. Макарова. – Кіровоград : ДЛАУ, 2007. – С. 311-324.
6. Неделько С. Н. Разработка системы критериев оценки для автоматизированного анализа действий авиадиспетчеров на тренажерах обслуживания воздушного движения / С. Н. Неделько, В. А. Григореецкий, А. С. Паленый // Наукові праці академії. – вип. IX / за ред. Р. М. Макарова. – Кіровоград : ДЛАУ, 2005. – С. 387-400.
7. Паленый А. С. Разработка алгоритма автоматизированной оценки действий авиадиспетчеров на тренажерах обслуживания воздушного движения / А. С. Паленый // Наукові праці академії. – вип. XI / за ред. Р. М. Макарова. – Кіровоград : ДЛАУ, 2006. – С. 118-130.
8. Шибанов Г. П. Количественная оценка деятельности человека в системах человек-техника / Г. П. Шибанов. – М. : Машиностроение, 1983. – 263с.
9. Тихонов Э. Е. Методы прогнозирования в условиях рынка : учебное пособие / Э. Е. Тихонов. – Невинномысск, 2006. – 221с.
10. Олешко Д. Н. Информационная технология ускорения синтеза нейронных сетей для решения задач прогнозирования при принятии решений : диссертация на соискание научной степени к.т.н. / Д. Н. Олешко. – Одесса, 2005. – 162с.

МОДЕЛЬ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ДІЯЛЬНОСТІ ІНСТРУКТОРА АВІАЦІЙНОГО ТРЕНАЖЕРА

Шульгін В.А.,

Кіровоградська льотна академія Національного авіаційного університету
(Україна)

Вступ. Професійна підготовка (ПП) авіаційних операторів (АО) на авіаційних тренажерах (АТ) суттєво і позитивно впливає на безпеку польотів (БП). При цьому слід вказати на особливу роль інструктора АТ (ІАТ), котрий може забезпечити ефективне тренування і на недостатньо досконалому тренажері [1; 2].

Актуальність досліджень. Професійна діяльність ІАТ як суб'єкта управління ПП може бути уявленою у виді таких основних етапів [1; 3; 4]: I – прийому інформації; II – оцінки та переробки інформації; III – прийняття рішення (ПР); IV – виконання рішення. I на кожному з цих етапів ІАТ як інструментальний, так і неінструментальний контроль свої дій, тому що будь-який з них позитивно впливає на надійність його праці

На ефективність виконання кожного етапу впливає ряд чинників. Скажімо, якість сприйняття інформації залежить від виду та кількості індикаторів, організації робочого поля робочого місця інструктора (РМІ), психофізичних характеристик інформації. На оцінку і переробку інформації впливають способи кодування інформації, її відповідність можливостям пам'яті і професійних розумових здібностей інструктора.

Ефективність вибору визначається типом задач ПР (ЗПР), кількістю і складністю логічних умов, що перевіряються, а також кількістю можливих альтернатив з управління тренажерною підготовкою (ТП). Виконання керуючих впливів залежить від кількості органів управління (ОУ), їх типа і способу розташування, а також великої групи характеристик, що визначають складність праці з окремим ОУ.

Особливо слід зазначити, що діяльність ІАТ має усі риси, властиві діяльності оператора-технолога, оператора-спостерігача (контролера), оператора-дослідника, оператора-керівника та оператора-маніпулятора.

Постановка задачі. Виходячи з вищенаведеного слід зазначити, що усі етапи діяльності ІАТ, і чинники, що впливають на їх ефективність, а також особливості операторської діяльності мають бути не тільки враховані при розробці РМІ, але ж і при оцінці ефективності його праці. З аналізу наукових джерел витікає, що другому напрямку вдосконалення діяльності ІАТ приділяється явно недостатньо уваги, що певним чином гальмує і розвиток ефективної ТП АО. Тому *метою* дослідження є розробка моделей комплексної оцінки ефективності діяльності ІАТ.

Результати досліджень. Отже, на I етапі професійної діяльності ІАТ превалюють елементи слідування за поведінкою керованого об'єкту, що вимагає від нього швидкого переходу від одних видів подання інформації до інших і підвищеної уваги. Стосовно моделі повітряного судна (ПС) – за положенням його у просторі середовища (курс ψ , кут атаки α , крен γ , тангаж ν), швидкістю (лінійною V , кутовою ω), температурою (T), тиском (P), динамічними характеристиками найбільш важливих елементів, що визначають якість управління процесом ТП ($d\psi/dt$, $d\alpha/dt$, $d\gamma/dt$, $d\nu/dt$, dV/dt , $d\omega/dt$ і т.ін.) з використанням різноманітних джерел інформації (візуальної, акустичної, тактильної). І тут спостерігаються такі особливості:

1) швидкість переходу від n -го до m -го виду подання інформації (наприклад, від системи числення з основою n до системи з основою m) максимальна:

$$V[p(n) \rightarrow p(m)] = V_{\max}, \quad (1)$$

Де $p(n)$, $p(m)$ – оператори переходу до n -го та m -го виду подання інформації відповідно;

2) підвищена увага веде до граничного перевантаження рецепторів і швидкого стомлення, тобто максимальній швидкості зменшення градієнта працездатності B , що

формально має такий вигляд:

$$\varphi_{\max} \rightarrow H p_{\max} \rightarrow - \left(\frac{dB}{dt} \right)_{\max} \quad (2)$$

На II етапі діяльності ІАТ превалюють елементи аналізу фактичної інформації, що отримується від керованого об'єкта в процесі ТП, порівнюючи її з інформацією, що прийнята за еталонну для заданого режиму роботи учбового екіпажі чи режиму управління. На цьому етапі здійснюються такі операції:

1) порівняння фактичних і номінальних значень параметрів управління ТП і оцінка знаку відхилення фактичних значень від номінальних, тобто

$$\left. \begin{array}{l} \left| \Delta \omega \right|_{\text{доп.}} \leq \omega_{\text{факт.}} - \omega_{\text{ном.}}, \quad \text{sign } \Delta \omega \\ \left| \Delta V \right|_{\text{доп.}} \leq V_{\text{факт.}} - V_{\text{ном.}}, \quad \text{sign } \Delta V \\ \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ \left| \Delta P \right|_{\text{доп.}} \leq P_{\text{факт.}} - P_{\text{ном.}}, \quad \text{sign } \Delta \omega \quad \text{i t.d.} \end{array} \right\}; \quad (3)$$

2) порівняння похідних і оцінка їх відхилень:

$$\left| \frac{d\omega_{\text{факт.}}}{dt} - \frac{d\omega_{\text{ном.}}}{dt} \right| \leq \delta_{1\text{доп.}}; \quad \dots; \quad \left| \frac{dP_{\text{факт.}}}{dt} - \frac{dP_{\text{ном.}}}{dt} \right| \leq \delta_{i\text{доп.}}; \quad (4)$$

3) безпомилковий ($q=0$) «вибір» з пам'яті номінальних значень параметрів управління ($\omega_{\text{ном.}}$, $V_{\text{ном.}}$, $P_{\text{ном.}}$ і т.д.) в межах допустимого періоду часу $\tau_{\text{доп.}}$, тобто:

$$\omega_{\text{ном.}} \uparrow, \quad V_{\text{ном.}} \uparrow, \quad P_{\text{ном.}} \uparrow \rightarrow (\tau_{\text{доп.}}, q=0), \quad (5)$$

де q – кількість помилок, яких припустився ІАТ при виборі інформації.

Складність праці ІАТ на цьому етапі визначається кількістю параметрів k за сукупністю значень яких робиться висновок щодо стану керованого об'єкту, тобто розмірності вектора $S=S=(\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_k)$. При цьому зазначимо, що найбільш складно реалізувати на практиці такі процедури:

- своєчасний і правильний вибір з пам'яті необхідної інформації, що характеризує «ідеальний» процес управління;
- оцінка ситуації, що склалася, яка реалізується на основі порівняння сукупності ознак з відповідною областю їх обмежень, що вимагає від ІАТ демонстрації найбільш високого рівня ПП.

Комплексна оцінка ефективності діяльності ІАТ на I – II етапах може бути проведена по кількісним значенням одного чи кількох показниках якості реалізації процедури слідкування, наприклад по середньоквадратичному відхиленню помилок слідкування, за числом максимально припустимих відхилень параметрів слідкування впродовж заданого інтервалу часу, за дисперсією і математичному очікуванню помилки слідкування і т.под. з застосуванням таких формул:

$$\left. \begin{array}{l} \sum_{i=1}^k (\delta_{i\text{доп.}} - \delta_{i\text{факт.}})^2 \leq D_{\text{доп.}} \\ \sum_{j=1}^l (\Delta x_{i\text{факт.}} - \Delta x_{i\text{доп.}})^2 \leq D_{\text{доп.}}^* \\ D_{\text{доп.}} \leq \int_{t_0}^{t_p} \left[\left(\frac{dx_{\text{факт.}}}{dt} - \frac{dx_{\text{доп.}}}{dt} \right) - \delta_{\text{доп.}} \right]^2, \quad \text{при } \tau_{\text{доп.}} = 0 \\ q = 0 \\ - \left(\frac{dB}{dt} \right)_{\min} \end{array} \right\} \text{ на інтервалі часу } (t_p - t_0) \quad (6)$$

комплекса керуючих впливів формально може бути описаною, спираючись на логічний вираз $\Phi_v = (A_\eta) \leftrightarrow \varphi_v$, який означає, що рішення, яке було прийняте на III етапі, вважається реалізованим тьді і тільки тоді, коли бнезпомилково буде реалізована відповідна йому послідовність Φ частинних алгоритмів A_η .

Ефективність праці ІАТ на IV етапі визначається так:

$$I_\Sigma = \frac{\sum_{\eta} t_{\eta} \Phi_v(A_v)}{1 + \eta \sum_{\eta} p_{\eta} K_{\eta}} \quad \text{якщо} \quad \begin{cases} B(p_{\eta}) = P(p_{\eta} \leq p_{\eta \text{ доп.}}) \\ B(t_{\eta}) = P(t_{\eta} \leq t_{\eta \text{ доп.}}) \end{cases}, \quad (10)$$

де P_{η} – кількість помилок, котрих припустився ІАТ при реалізації η -го частинного алгоритма;

K_{η} – коефіцієнт, що враховує «вартість» кожної помилки інструктора при реалізації η -го частинного алгоритма;

t_{η} – час формування керуючого впливу (реалізації ПР);

$\Phi_v(A_{\eta})$ – v -та послідовність A_{η} частинних алгоритмів;

$B(p_{\eta}), B(t_{\eta})$ – імовірність того, що кількість помилок і час реалізації η -го частинного алгоритма, не перевищить допустимого значення.

В процесі реалізації IV етапа ІАТ неминуче реалізує операції I етапу, забезпечуючи тим самим контроль правильності і повноти реалізації рішення, що було прийняте на III етапі.

Висновки. Головна особливість професійної діяльності ІАТ являє собою синтез елементів та педагогічної та операторської (льотної чи диспетчерської) праці, котра, у свою чергу, агрегує у собі різноманітні види операторської праці.

Загальний критерій успішності професійної діяльності ІАТ – ефективність – співпадає з критерієм оцінки якості функціонування целеспрямованої навчаючої ергатичної системи керування. Моделі і критерії, що були розроблені, дозволяють провести комплексну оцінку праці ІАТ на усіх етапах його операторської діяльності.

Подальші дослідження слід проводити в напрямках розробки нечітких моделей оцінки праці ІАТ.

ЛІТЕРАТУРА

1. Рева А. Н. Оптимизация деятельности инструктора авиационного тренажера : научно-практические рекомендации / [А. Н. Рева, В. А. Горячев, В. А. Кузнецов и др.]; под ред. В. А. Бодрова, А. Н. Ревы. – М. : ИПАН СССР, 1990. – 126 с.
2. Рева А. Н. Эргономические методы и средства тренажерной подготовки летного состава : научно-практические рекомендации / [А. Н. Рева, А. А. Комаров, В. А. Кузнецов и др.]; под ред. А. Н. Ревы, М. И. Рубца. – Кировоград : ГЛАУ, 1995. – 106 с.
3. Основы инженерной психологии : учеб. для вузов / [Б. А. Душков, Б. Ф. Ломов, В. Ф. Рубахин и др.]; под ред. Б. Ф. Ломова. – М.: Высшая школа, 1986. – 448 с.
4. Рева О. М. Характеристика ергатичної системи «інструктор – авіаційний тренажер – льотний екіпаж» / [О. М. Рева, О. М. Дмитрієв, О. М. Медведенко, О. Я. Біло] // Авіаційно-космічна техніка і технологія : наук.-техн. ж. – Харків : Національний аерокосмічний ун-т «ХАІ», 2009. – № 7. – С. 175-187.

СЕКЦІЯ 5:
БЕЗПЕКА СУДНОПЛАВСТВА

ПРОПОЗИЦІЯ ПО ШУМОІЗОЛЯЦІЇ СУДОВИХ КОФЕРДАМІВ

Абракітов В.Е.,

Харківський національний університет міського господарства (Україна),

Гусєв В.М., Селіванов С.Є.,

Херсонська державна морська академія
(Україна)

Актуальність. В конструкції суден та кораблів у кораблебудуванні застосовують кофердами. Кофердам являє собою вузький непроникний відсік, що розділяє сусідні приміщення на судні.

Кожен корабель має цілий комплекс різних фізичних полів: акустичних, магнітних, теплових, гідродинамічних і так далі.

Якщо мати на увазі військову справу та бойові кораблі, то слід зауважити, що сучасні види зброї реагують на ці фізичні поля корабля. Тому виникає необхідність зниження цих полів. Наприклад, використання мал шумних технічних засобів, можливість роботи механізмів на спеціальних режимах, що знижують шуми, використання спеціальних пристроїв, що дозволяють понизити рівень фізичних полів корабля; використання спеціальних складів для нанесення на корпус корабля, що утрудняє його аудіовізуальне спостереження супротивником. Якщо мати на увазі риболовецьку справу, то шум визиває розполохання риби. Якщо розглядати проблеми охорони праці, то одразу ж спікаємось о проблему акустичного комфорту екіпажу. І навіть екологічні аспекти включають в себе шкоду, яку наносить шум довкіллю. Учені з Великобританії виявили, що гул лайнерів не лише впливає на поведінку китів, але і приносить їм фізичні страждання, пише The Telegraph [1]. Шум впливає на тварин на гормональному рівні і знижує чисельність популяцій. Дослідження показало, що шум корабельних двигунів підвищує в організмі китів рівень гормону глюкокортикоїду. Цей гормон виділяється у разі небезпеки і допомагає тварині впоратися із стресом. Але у великих кількостях глюкокортикоїди призводять до затримки зростання, послабленню імунної системи і знижують здатність до відтворення потомства. Масштабне дослідження самопочуття і поведінки китів почалося більше десяти років тому. Американські вчені вели спостереження за китами з 2001 року і після теракту 11 вересня, коли в цілях безпеки різко скоротилася кількість морських перевезень, і виявили, що рівень гормону стресу у китів різко впав. Вже давно відомо, що кити і судна видають однакові звуки - в низькочастотному діапазоні, що заважає тваринам спілкуватися між собою. Китами доводиться буквально перекикувати корабельні двигуни. За декілька десятків років багато видів цих ссавців пристосувалися «співати» на інших частотах. Але те, що шум судна може впливати на хімічний склад організму тварин, було доведено тільки зараз [1]. Таким чином, довкілля страждає від техногенного забруднення акустичною енергією, і її потребується зменшити.

Результати дослідження. В судовій акустиці з метою боротьби із шумом застосовуються так звані звукоізолюючі кофердами [2, 3, 4]. Їхнім основним недоліком є низька звукоізолююча здатність, обумовлена наявністю повітряного простору з атмосферним тиском у ньому [5]. Безумовно, у цьому просторі звук послабляється деяким чином за рахунок поглинання і розсіювання на молекулах повітря, однак, він, як і всі інші гази, є середовищем, що проводить звук, що і спричиняє низьку звукоізолюючу здатність такого кофердама. Отже, з метою боротьби із шумом треба підвищити звукоізолюючу спроможність кофердама.

Наша пропозиція [6] відноситься до засобів корабельної звукоізоляції, застосовуваної з метою охорони праці, а також для іншої мети, наприклад, на рибальських судах, щоб уникнути розполохання риби, що ловиться, шумом працюючих корабельних механізмів (встановлених у машинному відділенні двигунів, устаткування і т.п.).

Відомий пристрій для перешкоджання поширенню шуму від працюючих механізмів судна чи корабля через його корпус у воду у виді шумоізолюючого кофердаму, що представляє собою двохстінну конструкцію з повітряним простором між стінками [3]. Його основним недоліком є низька звукоізолююча здатність, обумовлена наявністю повітряного простору з атмосферним тиском у ньому. Безумовно, у цьому просторі звук послабляється деяким чином за рахунок поглинання і розсіювання на молекулах повітря, однак, він, як і всі інші гази, є середовищем, що проводить звук, що і спричиняє низьку звукоізолюючу здатність такого кофердама.

Прототипом нашої пропозиції є шумоізолюючий кофердам судна, що містить герметичний відсік, обмежений непроникними стінками [4].

Даний кофердам має той же недолік, що і відзначені вище пристрої, і, крім того, складний і незручний при користуванні за рахунок можливої відсутності знімної підлоги в машинному відділенні корабля. Для доступу людей усередину, наприклад, для ремонту, можна передбачити люки і горловини і т.п., а можливість зменшити звукоізолюючу здатність за рахунок розбирання однієї зі стінок кофердаму практично не має ніякого значення, тому що це тільки погіршує і без того низькі акустичні характеристики корабля, оснащеного такими кофердамами. Відсутній також взаємозв'язок між живучістю корабля і його знімною підлогою.

Технічним результатом від використання нашої пропозиції є забезпечення максимальної звукоізолюючої здатності корпусу судна в сполученні з забезпеченням вимог його живучості і найбільш раціонального використання наявних у наявності конструктивних елементів.

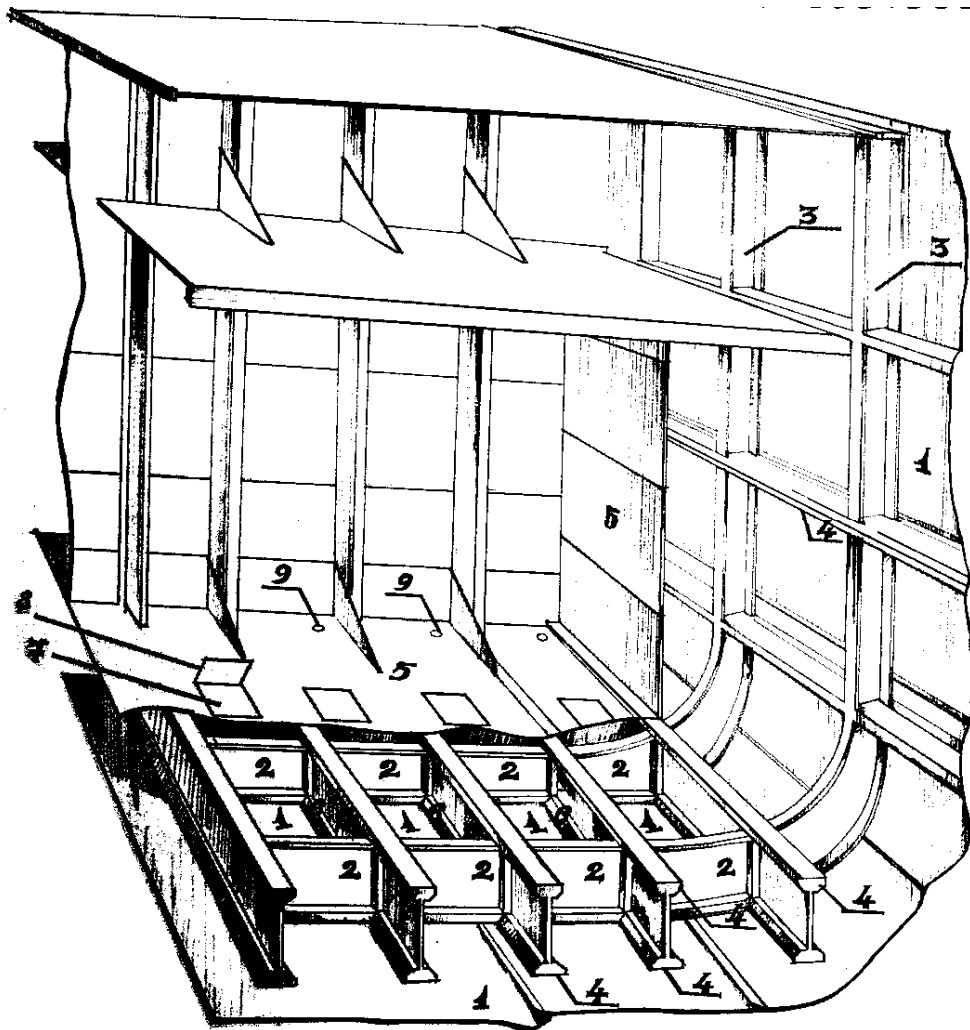


Рисунок 1 – Шумоізолюючий кофердам [6]

Даний результат досягається за рахунок того, що в шумоізолюючому кофердамі за [6], що містить герметичний відсік, обмежений непроникними стінками, одна зі стінок відсіку сполучена з обшиванням зовнішнього дна чи борта судна, що має подвійне дно чи борти, інша стінка сполучена з обшиванням внутрішнього дна чи борта судна і має люк із кришкою, що герметично закривається, для доступу людей усередину відсіку, і клапан для вакуумування, сполучений із приймачем для забору води суднової аварійної водовідливної системи, інші стінки відсіку сполучені з чи флорами шпангоутами і стрингерами в міждонному чи міжбортному просторі судна, причому усередині відсіку підтримується середній вакуум, тобто дотримується умова $l \geq d$, де d – найменша відстань між зовнішнім і внутрішнім чи дном бортом, м; l – довжина вільного пробігу молекул, м.

Наша розробка пояснюється кресленням (рис. 1). Шумоізолюючий кофердам містить стінки, сполучені з обшиванням зовнішнього дна чи борта 1, флорами (поперечними донними балками) 2, чи шпангоутами 3, а також зі стрингерами (подовжніми балками) 4 з обшиванням внутрішнього дна чи борта 5, вакуумований міждонний простір 6, на обшиванні 5 розміщений люк для доступу людей усередину кофердама 7, що закривається герметично кришкою 8, і клапан для вакуумування, сполучений із приймачем для забору води суднової аварійної водовідливної системи 9.

Пристрій працює в такий спосіб. При роботі джерела шуму усередині судна (двигуна і т.п.) звукові хвилі поширюються від нього в товщі внутрішнього дна чи борта 5. Однак, ввійшовши в міждонний простір 6, вони загасають через відсутність в ньому часток пружного середовища, здатних проводити звук. У такий спосіб запобігається передача шуму від обшивання зовнішнього дна чи борта 1 у воду.

Висновки. Пропонований шумоізолюючий кофердам може бути застосований практично на будь-якому кораблі чи судні, постаченому подвійним дном, корпус якого має необхідний запас міцності.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ученые установили, что шум кораблей приносит китам физические страдания. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.gazeta.ru/news/lenta/2012/02/08/2196997_n_.shtml
2. Суворов Н. С., Иванов В. Д., Федоров В. П. Современные боевые корабли. – М. : Из-во ДОСААФ СССР, 1978. – 110 с.
3. Справочник по судовой акустике / Под ред. И. И. Ключкина, И. И. Боголепова. – Л. : Судостроение, 1978. – С. 315-323.
4. Авторское свидетельство СССР N 830519, кл. G 10 K 11/00, 1981.
5. Ключкин И. И., Колесников А. Е. Акустические измерения в судостроении. – М. : Судостроение, 1968.
6. Патент № 2084968 (Россия). Шумоизолирующий коффердам судна / Абракитов В. Э., Абракитова Л. А. – МПК6 G 10 K 11/00. Оpubл. 20.07.97. – М. : Изобретения (Заявки и патенты) : Официальный бюллетень, 1997, № 20.

СКОРОЧЕННЯ ЧАСУ ОПЕРАТИВНОГО РОЗГОРТАННЯ ПРИ ПОЖЕЖАХ В ЖИТЛОВИХ ПРИМІЩЕННЯХ НА ВЕРХНІХ ПАЛУБАХ ПАСАЖИРСЬКИХ СУДЕН

Аветісян В.Г.,

Національний університет цивільного захисту України (Україна, м. Харків),

Селіванов С.Є.,

Херсонська державна морська академія
(Україна)

Вступ. Статистика пожеж свідчить, що найбільша кількість пожеж відбувається в житлових та службових приміщеннях та складає 40%, у приміщеннях силових установок 25%, у вантажних відсіках 25% в інших приміщеннях 10%.

На швидкість розповсюдження продуктів горіння впливають розвинена система комунікацій та конструктивні особливості судна. Частіш за все енергія горіння передається за рахунок теплопровідності, що в свою чергу збільшує середню об'ємну температуру в приміщеннях. Висота приміщень, яка становить в середньому 2,4-2,7 метрів та відокремленість приводить до того, що пожежа швидко розповсюджується та пізно виявляється.

Актуальність досліджень. Згідно [1] основна задача підрозділів МНС при на пожежі є рятування людей та гасіння пожежі в тих розмірах яких вона набула. Безпека людей при евакуації на пожежі забезпечується протипожежними інженерними рішеннями. Система протипожежного захисту суден передбачає автоматичні системи попередження та гасіння пожежі. При пожежах в таких приміщеннях незалежно від спрацювання автоматичної системи гасіння пожежі в осередок потрібно подавати вогнегасячі засоби від пожежних автомобілів. При гасіння пожежі в нижніх палубах час бойового розгортання становить до 10 хвилин, якщо гасити пожежу доводиться у верхній палубі вище 15 метрів час бойового розгортання значно збільшується і становить 1 хвилину на поверх до 30 метрів [2].

Постановка задачі. Аналіз публікацій за даною темою показує, що в основному скорочення часу подачі вогнегасячих речовин в палаючий поверх, досягається за рахунок пересувних засобів підйому на висоти (авто драбини, колінчасті підіймачі та ін.) [2]. Ці засоби ефективні лише для евакуації пасажирів при цьому їхнє використання має певні обмеження, які обумовлюються: технічними характеристиками цих засобів; конструктивними особливостями суден; станом площадок для розвороту техніки. Подача вогнегасячих речовин стволами по авто драбинам та колінчастим підіймачам через вікна не дає очікуваного ефекту.

Найбільш ефективними засобами гасіння пожеж на палубах є використання автоматичних систем [3], але ці установки не здатні вивести або винести людей з палаючого поверху які самі не в змозі його покинути.

Тросові системи [3] які використовуються для підйому пожежних на палуби та евакуації людей не отримали широкого впровадження тому, що використання їх вимагає спеціального переобладнання суден, особливо спеціальної підготовки пасажирів

Пожежно-технічне обладнання може доставлятися на потрібну палубу або пожежними які пересуваються сходами, або за допомогою рятувальної мотузки з зовнішньої сторони кают. Час оперативного розгортання з подачею вогнегасячих засобів у верхню зону залежить від багатьох факторів, а саме: висоти розташування необхідної палуби; фізичного стану пожежних; кількості та виду необхідного пожежно-технічного обладнання яке переносять пожежні може бути виражений [3].

$$\tau_{\delta/p} = f(N_{o/c}, N_{ПТО}, m_{ПТО}, L_p, M, B_p, B_o, t^o, \alpha, \Pi, N_n, h_n, Y, O) \quad (1)$$

де $N_{o/c}$ – чисельність бойового розрахунку; $N_{ПТО}$, $m_{ПТО}$ – кількість та маса пожежно-технічного обладнання; L – довжина рукавної лінії; M – характер місцевості; V_p – час року; V_d – час доби; t° – температура навколишнього середовища; α – кут нахилу місцевості; Π – вид пожежної машини; Y – умови бойового розгортання (задимленість); O – підготовленість особового складу; ε – випадкова компонента яка враховує вплив неврахованих факторів.

Результати досліджень. Практика гасіння пожеж показує, а експерименти це підтверджують, основний вплив на час оперативного розгортання надають такі фактори як: кількість пожежних; кількість та маса пожежно-технічного обладнання та відстань на яку воно переміщується.

В середньому пожежник переміщує на собі пожежно-технічне обладнання вагою до 25 кг. Час який він втрачає на подолання 1 метру при русі сходами при таких умовах в середньому складає 13 секунд при підйомі до 5 поверху та близько 150 секунд вище 10 поверху дані експериментів [3] по проведенню оперативного розгортання в наведені на графіку рис. 1. З наведеного графіку видно, чим вище поверх тим більша затримка в русі пожежних. Пожежні рухалися в засобах індивідуального захисту органів дихання з стандартним набором пожежно-технічного обладнання (скатка рукавів діаметром 51 мм, ствол «Б», лом пожежний легкий, рятувальна мотузка, ліхтар, радіостанція) в першому випадку та у засобах індивідуального захисту органів дихання але без пожежно-технічного обладнання у другому випадку. Аналізуючи наведений графік можна помітити, що час на подолання поверхів з ПТО та без ПТО відрізняється майже в півтора рази починаючи з 6 палуби, вище шостої палуби ця різниця ще збільшується.

З наведеного графіку видно, що пожежні, які переносять пожежно-технічне обладнання зможуть дістатися 15 поверху через 40-50 хвилин після початку підйому. При лінійній швидкості пожежі 1 м/хв. Пожежа за цей час охопить майже всю палубу.

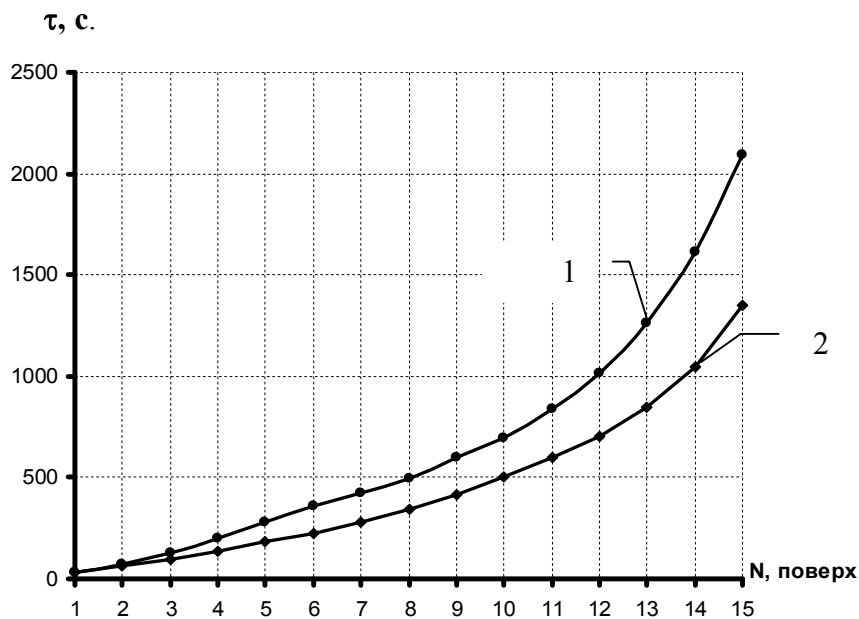


Рисунок 1 – Залежність часу бойового розгортання від висоти: 1 – підйом пожежних сходами з обладнанням; 2 – підйом пожежних сходами без обладнання

Одним з шляхів скорочення шляху проведення бойового розгортання за умов пішого підйому сходами є створення опорних пунктів гасіння пожежі, які пропонується встановлювати на сходових клітках або коридорах поблизу сходових кліток через кожні 5 палуб. На цих опорних пунктах пропонується зосередити необхідне пожежно-технічне обладнання, яке може знадобитися пожежним.

Висновок. Запропоноване рішення дозволить значно скоротити час оперативного розгортання пожежних підрозділів при пожежах в приміщеннях на верхніх палубах пасажирських суден.

ЛІТЕРАТУРА

1. Про правові засади цивільного захисту : Закон України / Верховна Рада України. – Київ, 2004.
2. Ключ П. П., Палюх В. Г. Тактична підготовка особового складу пожежної охрани. – Харків : «Основа», 1995. – 266 с.
3. Тербнев В. В., Артемьев Н. С., Подгрушный А. В. Противопожарная защита и тушение пожаров. Книга 3: Тушение пожаров на судах. – М. : Пожнаука, 2006. – 237 с.

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СУЧАСНИХ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ РУХОМ СУДЕН

Бень А.П.,

Херсонська державна морська академія
(Україна)

Вступ. Широке застосування сучасних інформаційних технологій в судноводінні на сучасному етапі призводить до все більш широкого запровадження в суднових автоматизованих системах, перш за все навігаційних, елементів систем підтримки прийняття рішень (СППР). Автоматизовані суднові системи управління в зазначених умовах стають різновидом специфічних ергатичних систем управління, принциповою особливістю яких є збереження активної ролі людини як об'єкта прийняття управлінських рішень. Однак, практика доводить, що разом з позитивними аспектами обладнання сучасних суден новітніми технічними засобами та автоматизованими системами, автоматизація часто є причиною значної кількості морських аварій і катастроф, оскільки її високий рівень на борту судна породжує ряд специфічних проблем у сфері людино-машинної взаємодії [2].

Актуальність дослідження. Стрімко зростаючий рівень автоматизації процесів управління рухом сучасних суден вимагає пошуку ефективних шляхів підвищення ефективності та надійності функціонування систем навігації та управління рухом суден, зниження впливу людського фактору.

Основна частина. Розглядаючи питання функціонування автоматизованих систем в судноводінні, слід відзначити, що таким системам притаманний ряд специфічних рис, обумовлених галуззю їх практичного застосування, які мають бути враховані в процесі їх створення та експлуатації, а саме [1]:

- функціонування в режимі реального часу накладає певні часові обмеження на процеси оцінювання навігаційної ситуації, формування множини можливих альтернатив з прийняття рішень, та надання відповідної інформації особі, що приймає рішення (ОПР);
- множина альтернатив з прийняття рішень, що формує СППР, повинна відповідати вимогам, визначених в міжнародних нормативних документах, які регламентують рух суден, принципам «доброї морської практики» та досвіду ОПР, що складно формалізувати у вигляді математичних моделей;
- процес взаємодії автоматизованих систем управління з ОПР має циклічний характер: «формування інформаційного повідомлення – сприйняття інформації – оброблення інформації та прийняття рішень – здійснення керуючих дій», більша частка часу в якому припадає на бік ОПР;
- приймаючи до уваги той факт, що кількість інформації, що необхідна для якісного оцінювання навігаційної ситуації значна, а ОПР має певні фізіологічні обмеження на обсяги інформаційних повідомлень, що можуть сприйнятися ним одночасно, важливе значення набуває ефективна комунікативна взаємодія між членами команди навігаційного містка, які отримують різні інформаційні повідомлення.

Для вирішення проблеми підвищення ефективності функціонування автоматизованих систем управління рухом суден необхідно:

- запровадження сучасних інформаційних технологій оброблення та подання інформації, засобів когнітивної графіки, адаптивних інтерфейсів користувача тощо;
- застосування автоматизованих систем, здатних вирішувати задачі координації взаємодії між суднами, як із залученням берегових служб, так і в автономному режимі;
- використання глобальних навігаційних та автоматичних ідентифікаційних засобів для вирішення задач прогнозування та планування траєкторій руху суден.

Важливо складовою підвищення ефективності функціонування автоматизованих систем управління рухом суден є вдосконалення процесів взаємодії таких систем з судноводієм, що може бути досягнуто шляхом:

- врахування при проектуванні автоматизованих систем управління ергономічних принципів, перш за все з позицій вдосконалення процесів сприйняття та обробки інформації ОПР;
- застосування в автоматизованих системах управління функцій систем підтримки прийняття рішень та елементів штучного інтелекту;
- раціонального розподілу інформаційних потоків, що підлягають обробці в автоматизованих системах, за принципами їх функціонального призначення.

Висновки. Проблема підвищення ефективності функціонування сучасних автоматизованих систем управління рухом суден потребує комплексного вирішення, і може бути досягнута шляхом: вжиттям заходів, спрямованих на зниження впливу «людського фактору» на процеси функціонування таких систем, широким запровадженням ефективних технічних засобів зв'язку і координації взаємодії між береговими системами управління рухом та автоматизованими системами управління рухом, які встановлені на суднах, застосуванням інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень судноводія, інтегрованих з сучасними засобами електронної навігації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бень А. П. Людський фактор в автоматизованих системах управління судном та шляхи зниження його впливу / А. П. Бень. // Науковий вісник Херсонської державної морської академії : науковий журнал. – Херсон : Видавництво ХДМА, 2012. – № 2 (7). – С. 26-30.
2. Стадниченко С. М. Человеческий фактор на море : учебно-методическое пособие / С. М. Стадниченко – Одесса : Астропринт, 2003. – 192 с.

МЕТОДЫ ПЛАНИРОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ ТРАЕКТОРИИ ТРАНСОКЕАНСКОГО ПЕРЕХОДА

Бень А.П., Паламарчук И.В.,

Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Введение. В настоящее время доминирующая часть грузооборота между государствами осуществляется морем. Страны-производители совершают товарообмен между собой, а многие островные страны имеют практически единственную возможность морского снабжения. Хотя значительная часть морских перевозок являются фидерными, для которых характерны малые дистанции между пунктами назначения и незначительное влияние внешних факторов на длительность, основной грузопоток ложится на трансокеанские перевозки и на морские переходы средней продолжительности и дальности.

В случае, когда трасса предстоящего плавания включает в себя океанский переход, влияние погоды и состояние моря приобретают важное и нередко основное значение с позиций выбора наиболее выгоднейшего пути судна. При осуществлении такого выбора возникает потребность одновременного удовлетворения нескольких критериев: переход для судна должен быть безопасным, экономичным, протекать в желаемые сроки и при наиболее благоприятных внешних условиях, обеспечивать безопасную перевозку грузов, комфорт пассажиров и экипажа, при минимальном расходе топлива и смазочных материалов.

Для подавляющего большинства морских транспортных судов основными критериями, характеризующими эффективность работы, являются безопасность плавания и минимизация времени перехода.

Критерии выбора пути неразрывно связаны с конкретными условиями предстоящего перехода – ветром и волнением, осадками и видимостью, течениями и льдами и т.п., каждое из которых оказывает большее или меньшее влияние на оптимальность того или иного маршрута. Эксплуатационные расходы за рейс пропорциональны его продолжительности. Поэтому экономически выгоден такой путь судна, который ведёт к завершению заданного плавания в кратчайшие сроки при соблюдении оптимальных условий безопасности для людей, груза и самого судна. Надо отметить, что не всегда кратчайший путь может быть самым экономичным, как и безопасным.

Простейшим способом определить кратчайший морской трансокеанский переход является следующий – по картам гномонической проекции, имея начальные и конечные координаты локсодромии мы проводим через них прямую, затем разбиваем ее на участки в которых дуга пересекает меридианы кратные 10 и снимаем с этих точек координаты. После переноса этих координат на карту мы получаем ортодромию или дугу большого круга (ДБК).

В настоящее время расчёт кратчайшего пути может сводиться к использованию компьютерных программ для расчёта ДБК.

Основная часть. Разработка интеллектуальных информационных систем для проработки трансокеанского перехода в настоящее время является актуальной задачей. Мировая морская практика создала большую базу нормативных документов и информации (как пример 136 публикация Британского Адмиралтейства) по основным морским путям, как трансокеанским, так и средней продолжительности. Несмотря на хорошее снабжение штурманского состава информацией по районам плавания, планирование любого морского перехода всё еще занимает много времени, в течении которого не исключаются ошибки со стороны навигационного помощника капитана, так называемый человеческий фактор. Для снижения возможности ошибки и предлагаются к

развитию интеллектуальные информационные системы проработки морских переходов. Такие системы позволят не только снизить количество возможных ошибок, но и сократить время на проработку рейса, дадут возможность сразу и в целом ознакомиться с предстоящим переходом и возможными опасностями в пути, гибко прорабатывать и просматривать результаты изменения пути следования в зависимости от предполагаемых опасностей.

Созданию интеллектуальных систем планированию маршрута морских судов посвящен ряд работ зарубежных авторов. Так, авторами в работе [1] была предложена прокладка трансокеанского перехода не по классическому расчёту Дуги Большого Круга (ДБК), а с использованием изохронного способа и логических операций. Предложенный способ имеет отличия от классического изохронного способа и является адаптированным. Главной особенностью является то, что в алгоритме адаптированного способа введено условие непересечения маршрута с береговыми участками и широкое использование растровых карт. Адаптированный изохронный способ показывает результаты близкие к расчётам перехода ДБК, но позволяет не менять постоянно курс в зависимости от погодных условий или встретившейся на пути суше, а заблаговременно оптимально адаптировать морской переход с учётом предполагаемого воздействия внешних факторов. В следующей работе авторам удалось усовершенствовать свой метод [2]. Основываясь на многокритериальном эволюционном алгоритме, была предложена оптимизация проработки морского перехода с учётом погодных факторов. Система собирает множество параметров и помогает пользователю выбрать наиболее рациональное решение при проработке трансокеанского перехода. Характеристики оптимального перехода являются оптимальными по Парето и определяются с помощью многокритериального эволюционного алгоритма.

Альтернативой предыдущим методам может служить работа авторов [3] предложившим оригинальный способ для расчёта оптимального морского пути, уменьшающего расход топлива и основанного на оптимальности по Парето вместе с многокритериальным алгоритмом эволюционной оптимизации. Конечной целью авторов является создание системы поддержки принятия решений (СППР) для оптимизации морских переходов с последующим снижением затрат на рейс. Правильное использование предложенного ими метода возможно при наличии регулярных предварительных прогнозов погоды.

Стоит обратить внимание на интеллектуальную систему, которая может применяться на морских судах как в ухудшающихся погодных условиях для принятия решения безопасного штормования, так и в условиях обычного перехода, для поддержания повышенной информативности штурманского состава и созданную как часть судовой СППР с тесной взаимосвязью с другими судовыми навигационными приборами [4]. Система, так же предполагает связь с береговыми станциями и поддержку в принятии решений судоводителем, как в условиях мгновенно изменившейся ситуации, так и при планировании морского перехода с учётом погоды. При создании системы использовались следующие методы и модели: многокритериальная оптимизация, теория быстрых графов, детерминированные и эмпирические вычисления, интерполяция с использованием В-сплайнов, эволюционная оптимизация, симплекс-метод.

Так же стоит отметить необходимость контроля траектории движения судна на морском переходе. Авторы работы [5] попытались создать СППР основанную на выполнении требований МППСС и предупреждающую столкновение судов в море. При создании системы использовался математический аппарат теории игр, принципы эволюционного моделирования. Предложенная авторами система в дальнейшем может быть представлена в виде автономной интеллектуальной системы, управляющей движением судна в море и контролирующей его траекторию.

Подводя итоги проведенному сравнительному анализу функциональных возможностей систем планирования трансокеанских переходов, можем сделать вывод, что

наиболее эффективно данная задача может быть решена в случае использования методов искусственного интеллекта и специализированных интеллектуальных систем. Интеллектуальная система проработки морского трансокеанского перехода должна обеспечивать решение следующих задач:

1. Сокращение времени проработки морского перехода и, как следствие, предоставление штурману необходимого для правильного и полноценного несения вахты времени.

2. Снижение вероятности возникновения ошибок со стороны штурманского состава при практической реализации перехода (снижение влияния «человеческого фактора»), возможности внесения изменений в течение рейса, при возникновении такой необходимости.

3. Предотвращение возможности возникновения аварийных ситуаций во время рейса.

4. Повышение технико-экономических показателей рейса судна.

Выводы. Использование систем и методов, разработанных для оптимизации трансокеанских переходов приведет к снижению уровня аварийности на морском транспорте, повышению оперативности принятия решений в экстренных и/или аварийных ситуациях, снизит возможность возникновения аварийных ситуаций на море, улучшит технико-экономические показатели рейсов, снизит затраты на морские переходы, положительно повлияет на защиту окружающей среды от загрязнения. Разработка и внедрение таких систем и методов обусловлена не только развитием и совершенствованием современного флота, но и острой необходимостью к экономии средств на эксплуатацию судов. Как и всё новое, интеллектуальные системы и методы по проработке трансокеанских переходов потребуют определенных затрат для их практической реализации, но время и дальнейшее совершенствование рассматриваемых систем будут способствовать их переводу из разряда вспомогательных в разряд обязательных к применению.

ЛИТЕРАТУРА

1. Szłapczyńska Joanna, Śmierzchalski Roman. Adopted isochrones method improving ship safety in weather routing with evolutionary approach // Maritime University. – Poland, Gdynia, 2008.
2. J. Szłapczyńska. Multicriteria Evolutionary Weather Routing Algorithm in Practice // Trans Navthe International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation. – Volume 7, Number 1. – March, 2013. – P. 61-65.
3. S. Marie & E. Courteille. Multi-Objective Optimization of Motor Vessel Route // Trans Navthe International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation. – Volume 3, Number 2. – June, 2009. – P. 133-141.
4. Carl-Uwe Böttner. Weather routing for ship in degraded condition // Technical University Berlin, Berlin, Germany.
5. J. F. Zhang, X. P. Yan & D. Zhang, S. Haugen, Ship Trajectory Control Optimization in Anti-collision Maneuvering // Trans Navthe International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation. – Volume 7, Number 1. – March, 2013. P. 89-93.

НАДЕЖНОСТЬ СИСТЕМ МЕНЕДЖМЕНТА НА СУДНЕ

Бобыр В.А., Катеруша В.И.,
Одесская национальная морская академия
(Украина)

Вступление. На морском флоте причиной аварий в 85% случаев является «человеческий фактор». Оставшиеся 15% приходится на другие причины, такие как поломки и отказы техники и оборудования, техногенные катастрофы, и т.д., которые, в свою очередь, прямо или косвенно также связаны с «человеческим фактором», цена которого постоянно растет.

В Циркуляре ИМО MSC 827 под «человеческим фактором» понимаются непреднамеренные или преднамеренные ошибочные или неправильные действия судовой команды при управлении техникой и оборудованием как в обычных эксплуатационных, так и экстремальных условиях, которые могли привести или привели к нанесению любого вреда или ущерба для жизни отдельных людей, человеческого сообщества в целом и/или для окружающей среды.

Усилиями мировой морской общественности, включая Международную организацию по стандартизации (ISO) и Международную морскую организацию (ИМО), были разработаны и утверждены международные стандарты систем менеджмента, цель которых – предупредить проявление «человеческого фактора». Это осуществляется с помощью корректирующих и предупредительных действий, определяемых на основе причинно-следственного анализа по данным потенциальных и фактических проявлений «человеческого фактора» [1].

Актуальность исследований. Несмотря на разработку и внедрение на судах систем менеджмента, число аварий и аварийных случаев на морском флоте не уменьшается, поскольку в системах менеджмента корректирующие и предупредительные действия направлены на усредненного, а не на конкретного работника. Поэтому требуется новый подход для предупреждения проявления «человеческого фактора» в системах менеджмента, который можно реализовать на основе использования теории надежности и теории вероятностей. Для этого как в теории, так и на практике имеются следующие предпосылки.

Прежде всего, ИМО Резолюцией А.953.(23) постановила, что доверительная вероятность при определении места судна должна быть не менее 0,95. Можно принять, что такая доверительная вероятность также является обязательной характеристикой и для надежности систем менеджмента на судне.

В последнее время в авиации и на железнодорожном транспорте «человеческий фактор» все чаще стал рассматриваться с позиций теории надежности как объект и элемент функционирования сложных систем. Для этого, например, в авиации процессы прослеживаются до каждого движения летчика [2].

У судоходных компаний, с одной стороны, уже существует практика деления процессов на отдельные действия членов экипажа с помощью контрольных листов (Check-Lists). А с другой - системами менеджмента на судах установлен порядок регистрации и анализа проявления «человеческого фактора» - опасных происшествий, аварийных случаев и аварий.

«Качество работы» членов экипажа, как их способность выполнять работу в соответствии законодательными и регламентирующими требованиями систем менеджмента, контролируется в судоходных компаниях с помощью так называемых Appraisal Forms.

В дополнение к этому на судах имеется статистика «отказов» за многие годы по результатам проверок (инспекций) судов инспекторами портового контроля, администрации страны флага, фрахтователей (система SIRE), профсоюзов, управляющей компании, а также самого судна.

Постановка цели и задачи. Однако серьезным недостатком теории и практики

является то, что оценка показателей надежности в них не связана напрямую с «человеческим фактором». Кроме того, на морском флоте отсутствуют практические рекомендации для повышения надежности систем менеджмента, если она недостаточна.

Итак, цель исследования – показать возможность применения теории надежности функционирования сложных технических систем и теории вероятностей к обеспечению надежности систем менеджмента на судах.

Задача исследования – дать статистические оценки надежности контроля над «человеческим фактором» системах менеджмента на судах, а также практические рекомендации по использованию этих оценок для повышения надежности систем менеджмента.

Результаты исследования. Системы менеджмента – это объекты, представляющие собой совокупность структурных и функциональных элементов, взаимодействующих в процессе выполнения определенного круга задач. К ним в полной мере применим аппарат теории надежности и теории вероятностей.

В основе нашего исследования лежит статистическая оценка доверительной вероятности безотказной работы члена экипажа, которую можно рассчитать по формуле:

$$P^*(t) = 1 - n(t)/N(0) \quad (1)$$

где $n(t)$ – число действий, которое за время t член команды мостика не выполнил, или выполнил с отклонениями от законодательных и регламентирующих требований системы менеджмента; $N(0)$ – число действий в начальный момент времени $t = 0$, которые член команды мостика должен выполнить в соответствии с законодательными и регламентирующими требованиями системы менеджмента, например, за ходовую вахту [3].

Для определения величины $N(0)$ судоходным компаниям необходимо разработать контрольные листы для всех судовых операций, которые являются существенными для обеспечения заданной доверительной вероятности системы менеджмента. Например, так это сделано в авиации.

Величина $n(t)$ определяется на основе сравнения $N(0)$ с результатами различных проверок судов инспекторами, а также с данными по определению «качества работы» членов экипажа.

Следует отметить, что идея вести статистический учет промахов и неправильных действий (бездействий) судоводителей уже давно высказывалась в литературе [4].

Другими важными статистическими оценками, получаемыми на основе величин $n(t)$ и $N(0)$, являются оценки среднего арифметического T^* и дисперсии σ^{*2} времени работы члена экипажа до отказа:

$$T^* = \frac{1}{n(t)} \sum_{i=1}^{n(t)} t_i, \quad (2)$$

$$\sigma^{*2} = \frac{\sum_{i=1}^{n(t)} (t_i - T^*)^2}{n(t) - 1}, \quad (3)$$

где t_i – время работы до отказа при выполнении i -го действия членом экипажа; $i = 1, 2, \dots, n(t)$ – число невыполненных действий члена экипажа.

Наличие оценок $n(t)$ и $N(0)$ позволяет на основе теории вероятностей [5] решать целый комплекс задач по повышению надежности систем менеджмента на судне. Рассмотрим некоторые из них:

1. С помощью формулы (1) можно контролировать надежность подготовки к выполнению любых судовых операций. Например, подготовки судна к выходу в море, плана перехода и т.п. В зависимости от тяжести обнаруженных «отказов» могут приниматься те или иные меры, требуемые системами менеджмента – коррекция,

корректирующие и предупредительные действия, чтобы таким образом заданная доверительная вероятность была обеспечена.

2. Член экипажа, проработавший некоторое время, например, на вахте, обладает в среднем худшими вероятностными характеристиками по сравнению с членом экипажа, хорошо отдохнувшим и заступающим на вахту или проработавшим до этого меньший срок. Поэтому с течением времени у первого члена экипажа может возрастать интенсивность отказов или может убывать, так называемое, остаточное время жизни и т. п. Такое распределение времени до отказа относится к классу «стареющих» распределений. Типичным в этом смысле является нормальное распределение. По известным значениям оценок T^* и σ^{*2} для «стареющего» распределения можно определить показатели надежности работы члена экипажа и при необходимости принять необходимые меры по обеспечению надежности системы менеджмента.

3. На практике оценки доверительных вероятностей отдельных членов экипажа могут оказаться меньше 0,95. Наличие оценок доверительных вероятностей всех членов экипажа позволяет определить до начала ее работы, обеспечат ли они в целом требуемую доверительную вероятность. Для этого можно воспользоваться формулой полной вероятности:

$$P(t) = \sum_{j=1}^m P_j(t) \cdot P[A_j \cdot P_j(t)], \quad (4)$$

где $P(t)$ – доверительная вероятность результатов работы данных членов экипажа; $P_j(t)$ – доверительная вероятность i -го члена экипажа; $P[A_j \cdot P_j(t)]$ – условные вероятности события A_j для j -го члена экипажа; $j = 1, 2, \dots, m$ – количество членов экипажа.

4. С помощью формулы (4) также можно распределить нагрузку на членов экипажа или изменить режим их работы (резервированием, режимом совместных событий и т.п.) таким образом, чтобы доверительная вероятность работы членов экипажа была равна заданной.

5. Один из путей повышения надежности системы менеджмента – это выбор вероятностных режимов работы членов экипажа при независимых их действиях с резервированием. Это значит, что, например, два члена экипажа будут выполнять одну и ту же операцию независимо друг от друга. Вероятность безотказной работы экипажа в этом случае определяется по формуле:

$$P(t) = 1 - \prod_{j=1}^m [1 - P_j(t)]. \quad (5)$$

6. При совместных действиях, например, двух членов экипажа выбор вероятностных режимов их работы определяется по формуле:

$$P(t) = P(A) + P(B) - P(A + B), \quad (6)$$

где $P(A)$ и $P(B)$ – доверительные вероятности первого и второго членов экипажа; $P(A + B)$ – вероятность совместного появления события безотказной работы двух членов экипажа.

7. Вероятность безотказной работы руководителя работы и членов экипажа, работающих в вероятностном режиме совместно с резервирования, определяется по формуле:

$$P(t) = \prod_{j=1}^m P_j(t). \quad (7)$$

8. Используя вероятностные режимы командной работы, на основе формул (4) – (7), можно повысить надежность системы менеджмента даже при низких доверительных вероятностях у отдельных членов экипажа.

9. Контролировать работу членов экипажа можно целенаправленно. Для этого необходимо предварительно определить, потребуется ли вмешательство руководителя работы, например, капитана в их работу. Так как все члены экипажа работают независимо друг от друга, то их действия являются независимыми, но совместными. Они могут потребовать внимания капитана одновременно. Чтобы определить необходимость контроля членов экипажа в течение их работы можно использовать формулу для определения вероятности противоположных событий:

$$\bar{P}(t) = \sum_{j=1}^m \bar{P}_j(t), \quad (8)$$

где $\bar{P}(t) = 1 - P(t)$ – вероятность того, что капитану потребуется вмешательство в работу членов экипажа; $\bar{P}_j(t)$ – вероятность того, что капитану потребуется вмешательство в работу j -го члена экипажа.

10. Процессы, которые уже завершены или находятся в стадии завершения, можно контролировать по конечным результатам или по ходу выполнения работ. С этой целью можно воспользоваться соотношением, описывающим центральную предельную теорему Муавра-Лапласа:

$$P(A) \approx \frac{1}{2} \left[\Phi \left(\frac{N(0) + 0,5 - n(t) \cdot [1 - P^*(t)]}{\sqrt{n(t) \cdot [1 - P^*(t)] \cdot P^*(t)}} \right) - \Phi \left(\frac{-0,5 - n(t) \cdot [1 - P^*(t)]}{\sqrt{n(t) \cdot [1 - P^*(t)] \cdot P^*(t)}} \right) \right], \quad (9)$$

где $\Phi(t)$ – доверительная вероятность, значение которой приведено в табличной форме в зависимости от аргумента (функция Лапласа).

Выводы. Из изложенного следует, что с помощью методов теории надежности и теории вероятностей можно решать обширный круг задач по предупреждению проявления «человеческого фактора», а также по его оценке и контролю в системах менеджмента на судах морского флота с целью повышения надежности этих систем. Однако, для внедрения в практику этих методов необходимо дальнейшее научное обоснование и разработка:

1. Методов определения и классификации существенных для повышения надежности судовых систем менеджмента действий, которые члены экипажа должны выполнить в соответствии с законодательными и регламентирующими требованиями этих систем.

2. Классификации вероятностных режимов работы членов экипажа при выполнении ими существенных для обеспечения надежности судовых систем менеджмента действий.

3. Алгоритма, методики и судовой компьютерной программы для регистрации статистических данных, а также расчета показателей надежности каждого члена экипажа и судовой системы менеджмента при различных вероятностных режимах работы членов экипажа.

ЛИТЕРАТУРА

1. M-SCAT[®]: Marine Systematic Cause Analysis Technique. – Høvik, Norway : DNV Graphic Communications, 2002. – 16 p.
2. Прокофьев А. И. Надежность и безопасность полетов. – М. : Машиностроение, 1985. – 185 с.
3. Козлов В. А., Ушаков И. А. Справочник по расчету надежности аппаратуры радиоэлектроники и автоматики. – М. : Советское радио, 1975. – 472 с.
4. Дмитриев В. И. Обеспечение безопасности плавания – Режим доступа: <http://podelise.ru/docs>.
5. Вентцель Е. С. Теория вероятностей. – М. : Наука, 2000. – 566 с.

ДИАГНОСТИКА НАРУШЕНИЙ В ИММУННОМ СТАТУСЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ ВИДЕОДИСПЛЕЙНЫХ ТЕРМИНАЛОВ НА СУДАХ

Будянская Э.Н., Тысик Б.Г., Чернышева О.Н.,

Научно-исследовательский институт гигиены труда и профессиональных заболеваний
Харьковского национального медицинского университета (Украина),

Прокофьев М.И.

Научно-исследовательский центр «ТЕЗИС» (Украина, г. Харьков),

Шишко Е.И.,

Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Введение. Проблема разработки новых подходов к изучению неблагоприятного воздействия комплекса факторов на состояние организма и его защитных систем для лиц, занятых в сфере информационных технологий с высоким уровнем интенсивности трудового процесса весьма актуальна. При этом общепризнано, что основными вредными факторами для пользователей видеодисплейных терминалов (ВДТ) на судах являются электромагнитные поля малой интенсивности в различных диапазонах частот. В докладе иллюстрируются методические подходы к анализу результатов измерений на примере решения задачи определения прогнозного интегрального критерия неблагоприятного воздействия ВДТ с использованием показателей, отражающих состояние иммунной системы организма (как клеточного так и гуморального звеньев). В качестве комплексного вредного фактора (дозы) влияния электромагнитных полей малой интенсивности выбрано среднее время работы (СВР) пользователя за ВДТ на судах в месяц. Получен суммарный эффект влияния фактора времени работы за ВДТ по всему комплексу изучаемых параметров в исследуемых группах. В качестве раннего диагностического критерия предложен интегральный показатель (ИП).

Многолетними исследованиями состояния здоровья пользователей видеодисплейных терминалов (ВДТ) специалистами Научно-исследовательского института гигиены труда и профессиональных заболеваний Харьковского национального медицинского университета установлены нарушения зрительного анализатора, иммунной, нервной, сердечно-сосудистой и костно-мышечной систем. Установлена дискоординация гормонального, иммунологического статусов и состояния перекисного окисления липидов, степень выраженности которой зависит от суммарной трудовой нагрузки при работе за ВДТ на судах.

Выявленные дисбаланс гормонального статуса, склонность иммунного статуса к развитию аутоиммунных процессов, подтверждением которых явилось наличие антител к антигенам щитовидной железы, истощение системы эндогенных антиоксидантов в сыворотке крови пользователей ВДТ при воздействии комплекса факторов физической природы малой интенсивности (электромагнитные излучения, статическое электричество, мягкий рентген и т.д.), приводящее к усилению свободнорадикальных процессов с увеличением возраста пользователей (в 1,5-2 раза превышающее контрольные значения), сопровождающихся переходом из физиологически необходимого для нормального функционирования клеток в патологический, неконтролируемый режим с быстрым накоплением в крови токсичных продуктов перекисного окисления липидов, свидетельствуют о преждевременном старении их организма, причиной которого, по-видимому, является повреждающее влияние перекисей липидов на синтез, структуру и функцию ДНК [1].

Проблемы моделирования функционального состояния организма и управления им, сбора и обработки медицинской информации, создания автоматизированных систем для поддержки и принятия врачебных решений недостаточно освещены в публикациях [2].

Единичними являються сообщения о результатах модельных исследований системы дыхания, иммунной системы, влияния метаболических факторов на эффективность работы различных систем регуляции. Ограниченное число исследователей занималось изучением на моделях и прогнозированием влияния неблагоприятных факторов внешней среды на состояние здоровья пользователей при работе ВДТ суден.

До настоящего времени не разработаны методики, ориентированные на определение динамических инвариантов и позволяющие оценивать степень сбалансированности отдельных систем регуляции. Одной из актуальнейших задач является создание с помощью математического моделирования методик с целью оценки риска возникновения изменений, ведущих к развитию патологий, под влиянием неблагоприятных факторов производственной и окружающей среды.

В работе иллюстрируются методические подходы к анализу результатов измерений на примере решения задачи определения прогнозного интегрального критерия неблагоприятного воздействия ВДТ с использованием показателей, отражающих состояние иммунной системы организма (как клеточного так и гуморального звеньев). В качестве комплексного вредного фактора (дозы) влияния электромагнитных полей малой интенсивности выбрано среднее время работы (СВР) пользователя за ВДТ в месяц.

Обоснование выбранного направления. Анализ возможного неблагоприятного влияния факторов производственной среды и трудового процесса на здоровье лиц, работающих с ВДТ, существенно зависит от выбора адекватных подходов при разработке компьютерной системы, позволяющей интерпретировать результаты углубленного медицинского осмотра, клиничко-диагностические данные, результаты гигиенических, гигиено-статистических исследований, а также обеспечить надлежащий уровень компетентности интерпретации результатов комплексных исследований и использования современных информационных технологий.

Сложность решаемой задачи заключается в большом числе клиничко-диагностических показателей, составляющих объективную характеристику состояния здоровья обследуемых контингентов, а также в большом числе установленных врачами – специалистами разного профиля диагнозов, т.е. возможных исходов прогнозирования.

Для снижения размерности пространства, т.е. уменьшения количества рассматриваемых показателей, выделения наиболее информативных показателей состояния здоровья и реально действующих факторов производственной среды и трудового процесса, оценки степени влияния каждого из факторов и их совокупности на каждый из показателей здоровья, выявления и построения зависимостей «фактор-показатель» в предположении отдельного или совместного действия факторов, расчета прогноза изменений здоровья использованы стандартные методы и приемы математической статистики, современные информационные и компьютерные технологии.

Рассматриваемым проблемам моделирования функционального состояния организма и управления им, измерений, сбора и систематизации медицинской информации, создания автоматизированных систем для поддержки и принятия врачебных решений уделено незначительное число публикаций. К. Л. Атоевым [2] разработана автоматизированная система для оценки риска возникновения патологических изменений на разных уровнях организации биосистем, с помощью которой проводится разработка индивидуализированной терапии некоторых заболеваний, обусловленных нарушениями в энергообмене, повышается эффективность прогнозирования риска, определяются группы наиболее информативных параметров, характеризующих уровни функционирования системы, ее резервные возможности и напряженность регуляторных механизмов.

Группой авторов [3] разработаны состав и структура информационной базы данных для определения напряженности регуляторных механизмов и резервных возможностей экосистемы. С помощью этой базы проводится оценка риска экологических катастроф и предложена концептуальная модель управления процессом снижения риска техногенных катастроф. При разработке информационной базы данных были решены следующие

задачи: построены математические модели оценки риска катастроф и управления безопасностью экологических систем; разработаны методики сбора исходной информации для оценки характеристик напряженности регуляторных механизмов и резервных возможностей экосистем; создана автоматизированная технология для оценки риска экологических катастроф и прогнозирования их последствий.

В процессе выполнения измерений с использованием методов прикладного математического анализа определена физическая природа и значимость неблагоприятных факторов влияния ВДТ. Были адаптированы стандартные математические методы обработки статистических данных к специфике гигиенических и клинико-лабораторных данных (большой объем данных, систематизация и формализация исходной информации, выбраковка выскакивающих вариантов, восполнение пропущенных значений, нормировка, масштабирование), а также разработана структура автоматизированной системы для анализа неблагоприятного действия ВДТ на здоровье пользователей. Авторами предложена методика оценки влияния комплекса физических факторов малой интенсивности на показатели состояния здоровья лиц, работающих с ВДТ.

Результаты проведенных исследований. Разработана компьютерная система прогноза неблагоприятного действия ВДТ на организм пользователей с целью обоснования профилактических мероприятий.

Для конкретизации степени влияния комплекса вредных факторов проведен медицинский осмотр пользователей ВДТ.

Клинико-лабораторные данные представляют собой основную часть данных, подлежащую статистическому анализу.

Они подразделяются на подгруппы: формула крови; иммунная система; клеточное звено; гуморальное звено; эндокринная система; перекисное окисление липидов; реология крови.

Кроме того, к этой группе относятся диагностические данные – диагнозы, поставленные врачами-специалистами, которые содержатся в БД в кодированном виде в соответствии с Международной классификации болезней и травм.

Основные специализированные БД содержат данные профмаршрута, гигиенических показателей, клинико-лабораторных показателей (иммунологические, биохимические, реологические), показателей микроэлементного состава плазмы и эритроцитов периферической крови, полученных от 600 пользователей. Общее число введенных показателей БД составляет более 50 тысяч.

Наибольшие отклонения показателей иммунного статуса выявлены в возрастной группе до 30 лет, что подтверждает тезис о том, что лица молодого возраста наиболее подвержены влиянию неблагоприятных факторов производственной среды и трудового процесса.

Используя разработанную компьютерную систему прогнозирования неблагоприятного действия ВДТ на организм пользователей получены новые данные о взаимосвязи показателей их состояния здоровья (иммунной системы, перекисного окисления липидов, системы антиоксидантной защиты) от возраста, стажа работы с ВДТ и от суммарного времени работы за ВДТ в месяц.

Спектр выявленных изменений в иммунном статусе пользователей свидетельствует о существенных отклонениях показателей клеточного и гуморального звена. Последнее показано на примере накопления в организме пользователей ВДТ антител в ткани щитовидной железы.

Введенная система прогнозов скрупулезно прослеживает направленность и степень выраженности указанных выше изменений и их зависимость как от производственных факторов, так и возраста.

Выводы.

1. Разработана компьютерная система прогнозирования (КСП) неблагоприятного действия ВДТ на судах на организм пользователей, которая включает:

– банк данных для хранения и пополнения информации об условиях труда и состоянии здоровья, в том числе о результатах осмотра и клинико-лабораторных исследованиях по каждому обследуемому пользователю;
– программный комплекс, позволяющий модифицировать и обрабатывать БД;
– комплекс программ, реализующих набор методов математической статистики для обработки БД и пополнения базы знаний.

2. КСП неблагоприятного действия ВДТ на судах на организм пользователей реализована на основе однофакторного регрессионного анализа и методах пассивного многофакторного эксперимента. Прогноз произведен на основании построения математической модели зависимости клинико-лабораторных показателей от гигиенических факторов и факторов профессионального маршрута.

3. С помощью КСП представилось возможным не только проанализировать характер, направленность и динамику изменения основных показателей адаптационных систем организма пользователей ВДТ, но и получить конкретные параметры гигиенических факторов и профмаршрута, при которых происходит переход исследуемых клинико-лабораторных показателей за пределы допустимых границ физиологической нормы.

4. На основании выполненных прогнозов впервые получена информация о предельной безопасной трудовой нагрузке, не вызывающей неблагоприятных изменений информативных показателей иммунной системы пользователей ВДТ на судах.

5. Впервые установлены критические значения безопасной суммарной трудовой нагрузки, при которых прогнозируемые наиболее информативные показатели адаптационных систем организма пользователей ВДТ не выходят за пределы допустимых границ физиологической нормы. Величина максимальной нагрузки составляет 80 часов в месяц или 4 часа в течение рабочего дня. Категорию лиц, работающих за ВДТ более 80 часов в месяц, следует отнести к группе риска.

6. По результатам прогнозирования разработан диагностический тест-комплекс, включающий наиболее информативные показатели иммунной системы, анализ изменений которых следует использовать в качестве ранних критериев выявления нарушений компенсаторных систем организма пользователей ВДТ.

7. Проведенный прогноз показал взаимосвязь степени выраженности исследуемых показателей иммунной системы с уровнями напряженности электромагнитных полей по электрической и магнитной составляющим. Основываясь на этом можно заключить, что основным патогенетическим звеном возникновения выявленных изменений в организме являются факторы физической природы малой интенсивности, формируемые ВДТ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Budianskaya Eleonora. Nikolenko Eugeney. Effects of video display terminals electromagnetic fields influence on the health of their users // 4th International workshop on biological effects of electromagnetic fields. – Cret, Gres, 2006. – P. 815.

2. Будянская Е. Н, Максютя Н. В. Поворожнюк А. И. Кластерный анализ и отбор диагностически ценных признаков // Материалы съезда : I-й съезд «Медицинская и биологическая информатика и кибернетика» с международным участием. – К., 2010.

3. Атоев К. Л. Разработка автоматизированной техники для оценки риска возникновения необратимых изменений на разных уровнях организации биосистем // Моделирование функционального состояния организма и управление им : Сб. науч. трудов. – К., 1993. – С. 4-30.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Дмитриев В.И., Соляков О.В.,

Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова
(Россия, г. Санкт-Петербург)

Введение. Повышение роли морского и речного транспорта в XX столетии и начале нового века в мировой транспортной системе актуализировало проблему транспортной безопасности. Высокая значимость задач, решаемых этими видами транспорта, делает очень высокой цену ошибок, связанных с неправильной эксплуатацией судов и береговых средств. Кроме того, преступления на море в виде все еще существующих случаев разбойных нападений на суда, террористических актов и других преступных деяний, приводящих к катастрофическим последствиям, делают эту проблему глобальной.

В абсолютном большинстве случаев аварийных происшествий прослеживается совокупность причин и обстоятельств, которые обуславливают конкретное аварийное происшествие. К таким причинам относятся:

- техническое состояние объекта управления;
- организационно-технические мероприятия;
- окружающая среда и ее воздействие на управляемый объект;
- действие человеческого фактора.

В этой связи трудно формализуемая проблема транспортной безопасности превращается в проблему обеспечения безопасности управления судами и судопотоками в системе бесконфликтного взаимодействия объединенной системы «объект судовождения – внешняя среда».

В результате проведенных исследований авторы пришли к выводу о наличии нескольких аспектов проблемы обеспечения транспортной безопасности.

Научный аспект проблемы обеспечения транспортной безопасности. Научный аспект заключается в разработке научно обоснованных критериев и нормативов безопасности и в устранении неопределенности или многозначности понятий и терминов.

Наиболее предпочтительной формой конкретизации понятий и явлений служат критерии оценки. Критерий оценки, как мерило истинности, может существовать в двух формах – количественной и в форме руководящей мысли, точки зрения. Целый ряд критериев, применяемых, например, в мореплавании, разработан и используется. К ним следует отнести критерии остойчивости, плавучести, непотопляемости, управляемости. В ряде случаев эти критерии превратились в нормативы мореходности. Существует ряд критериев менее определенных и не выраженных количественно. Например, критерием опасности столкновения является изменение пеленга – только сам факт изменения. Что же касается количественной характеристики критерия опасности столкновения, то здесь применяются только понятия «быстрое» и «медленное» изменение пеленга.

Несмотря на то, что количественный критерий наиболее надежен при оценке благодаря своей детерминированности, не всегда представляется возможным его получить. И тогда критерии выступают в форме руководящей мысли, точки зрения. Например, принцип «считай себя ближе к опасности» – есть критерий в форме руководящей идеи при выборе решения в обстановке неопределенности. Этот критерий реализован в Правиле 7(а) Международных правил предупреждения столкновений судов (МППСС-72).

Однако целый ряд критериев оценки, в особенности в нештатных ситуациях, таких, например, как определение момента оставления судна, момента сбрасывания каравана леса, момента затопления трюма с самовозгоравшимся грузом, момент выбрасывания поврежденного судна на берег, не разработан вообще.

Технический аспект проблемы обеспечения транспортной безопасности. Он определяется надежностью технических систем и устройств. Поскольку большинство судовых и береговых устройств или систем транспортного комплекса так или иначе

связаны с обеспечением безопасности судна, его груза, экипажа и пассажиров, то, следовательно, уровень безопасности определяется надежностью этих систем. Показателем надежности является вероятность безотказной работы в течение определенного времени либо наработка на отказ – время безотказной работы.

Для повышения надежности технических систем существует три пути: повышение надежности входящих в систему элементов, наращивание уровней резервирования и наличие запаса потенциала (мощности, прочности и т.д.).

Эргономический аспект проблемы обеспечения транспортной безопасности.

Надежность функционирования системы «судно – внешняя среда» – это свойство ее элементов сохранять под воздействием внешней среды такие режимы работы, которые обеспечивают решение хозяйственной задачи объектом судовождения с заданной стратегией движения, гарантирующей сохранность судна, груза, жизни членов экипажа и пассажиров и эффективное выполнение этой задачи.

Обеспечение транспортной безопасности зависит от характеристик судового и берегового комплексов, от уровня профессиональной подготовки экипажа судна и персонала вспомогательных береговых служб, т.е., от надежности работы объекта судовождения и системы судоходства. Надежность системы судоходства, в свою очередь, обеспечивается комплексом средств и мероприятий, направленных на создание условий безопасного движения судов в общем транспортном потоке.

Система «объект судовождения – внешняя среда» относится к полиэргатической системе. В ее составе имеется судно, выполняющее хозяйственную задачу, оператор-судоводитель, адаптирующий стратегию движения судна к фактическому состоянию водного пути, технические средства судна, функционирование которых направлено на реализацию стратегии движения, экипаж, управляющий техническими средствами и водный путь, состояние которого определяется условиями навигационной и гидрометеорологической обстановки

Система «человек – машина» имеет иерархическую структуру, на вершине которой находится человек, выполняющий функции главного управляющего элемента, звена, принимающего решение. По мере усложнения этих систем (за счет усложнения машинного элемента) все более контрастно проявляется одно трудноразрешимое сегодня противоречие: оперативные возможности человека все более отстают от характеристик машины и являются, учитывая роль человека в системе, сдерживающим фактором, узким местом. Машине (имеется в виду ЭВМ), несмотря на ее высокие информативные характеристики нельзя отдать роль управляющего звена, так как в нетривиальных ситуациях она беспомощна ввиду своей запрограммированности, и решения в любом случае будут стереотипными. Человек же, способный генерировать идеи и находить решения в нетривиальных случаях, имеет довольно низкие информационные характеристики и поэтому беспомощен в условиях динамизма среды (информационные перегрузки). Для разрешения этого противоречия необходимо устранить или обойти трудности теоретического характера.

Однако в любом случае первым и неперенным условием надежного функционирования системы «человек – машина» является профессиональная компетентность человека

Экономический аспект проблемы обеспечения транспортной безопасности.

Экономический аспект заключается в анализе строительных и аварийных затрат и в определении экономической политики в вопросах безопасности на основании этого анализа. Другими словами – это ответ на вопрос: сколько стоит обеспечение транспортной безопасности? Конечной целью любой хозяйственной деятельности является максимизация ее целевой функции. С позиции экономики это, в общем случае, прибыль, которая представляет собой разность между доходами и расходами. Но любая многокомпонентная задача максимизируется только по одному показателю. Нельзя одновременно получить максимальный доход при минимальных расходах. Такая постановка задачи является научно несостоятельной. Корректной будет любая их

постановок: максимальные доходы при данных затратах, данные доходы при минимальных затратах, либо компромисс между показателями (оптимизация).

Социальный аспект проблемы обеспечения транспортной безопасности. В течение последних лет во всем мире усиливается тенденция к сокращению численности экипажей из коммерческих соображений. Ряд международных организаций (Международная организация труда, Международная федерация ассоциаций морских капитанов, Международная конференция свободных профсоюзов) забили тревогу по этому поводу, связывая численность экипажа и безопасность воедино, как звенья одной цепи. Развившаяся система подставных флагов сказывается на уровне безопасности мореплавания крайне отрицательно, так как это позволяет судовладельцу набирать в странах третьего мира случайных людей, не имеющих профессиональной подготовки. Комитет по безопасности мореплавания ИМО рассматривает в течение ряда лет эти вопросы, однако под давлением судовладельцев вопрос пока разрешения не получает.

Условия работы на флоте достаточно сложны не только в силу своей специфики, но и в силу давно сложившихся у нас застывших форм производственных отношений, при которых в обязанности экипажа входит не только эксплуатация транспортного средства, но и обеспечение его технического состояния, чего нет ни на одном виде транспорта ни у нас, ни в развитых странах Запада; низкий уровень решения социальных проблем и др.

Все это, а также существенная отсталость флота от достижений эргономики, психологии, вычислительной техники, сильная степень физического износа судов, привело к резкому падению престижа профессии в глазах профессионалов, что начало сказываться на качестве кадров и, следовательно, на снижении уровня безопасности.

Технологический аспект проблемы обеспечения транспортной безопасности. Одно из основных отличий судов как транспортных средств от других видов транспорта состоит в том, что размещаемые в их трюмах грузы обладают значительно большим числом сочетаний различий в массе, размерах, физических и химических свойствах, чем грузы, размещаемые в грузовых помещениях любых других видов транспорта. Развитие промышленного производства расширило номенклатуру грузов с опасными свойствами, число наименований которых в настоящее время исчисляется тысячами. Произошло значительное изменение качественного состава перевозимых грузов.

В условиях морской перевозки, когда на грузы воздействует качка, динамические удары волн, вибрация судна, статическое давление штабеля высотой до 10 м, закрытая атмосфера трюма, свойства этих грузов могут проявиться самым неожиданным образом и явиться причиной возникновения аварий судов и гибели членов экипажа. Такие аварии принято называть технологическими.

Причинами технологических аварий являются недостаточная разработанность технологических нормативов, конструктивное несовершенство и противоречивость технологической нормативной базы, нарушение грузоотправителем стивидорными компаниями технологических требований по таре и укладке груза, недостаточный контроль со стороны экипажа за соблюдением технологических требований.

Информационный аспект проблемы обеспечения транспортной безопасности. В связи с возрастающей угрозой международного терроризма, пиратства, незаконного оборота оружия, наркотических и психотропных веществ, сложной социально-политической и криминогенной обстановкой в стране и Российских портах возникла необходимость в превентивных мерах, среди которых важное место занимает получение и обмен соответствующей информацией.

Получаемая руководителями судоходных компаний и капитанами судов информация о наличии морских террористов и пиратов на маршрутах перехода должна отличаться высокой достоверностью, оперативностью получения и обработки, небольшой трудоемкостью подготовки исходных данных. В судоходных компаниях должны шире использоваться новые информационные технологии для оценки террористической обстановки на маршрутах перехода судов и районах расположения портовых средств. Наиболее известными и удобными формами информационного обеспечения могут

служить системы управления базами данных (СУБД). СУБД по оценке террористической опасности, как одна из форм специального информационного обеспечения, способна решить целый ряд задач, каждая из которых выдвигает перед ней различные требования. Эти задачи можно разделить на четыре основные группы:

- обеспечение информацией о наличии террористических групп и пиратов на маршруте перехода;
- обеспечение информацией о тактико-технических характеристиках и базировании кораблей и катеров морских террористов и пиратов;
- обеспечение информацией по тактическим приемам нападения на суда морских террористов и пиратов;
- обеспечение информацией о наличии своих кораблей и антитеррористических сил на маршруте перехода.
- СУБД по террористической обстановке должна обладать:
- наглядностью и оперативностью предоставления информации;
- предоставлению информации в заранее принятой стандартной форме;
- возможностью проводить статистические исследования.

Человеческий фактор. Нарушение правил транспортной безопасности может быть связано с индивидуальными качествами отдельных людей, чаще всего отрицательными: недисциплинированностью, халатностью и беспечностью, некомпетентностью, эмоциональной неустойчивостью и т.п. Такие причины и предпосылки аварийных случаев, в которых проявляется виновность конкретного человека, объединяют понятием «личный фактор». Это понятие включает в себя характеристики человека безотносительно к характеристикам технических средств, с которыми он взаимодействует.

Однако известны случаи, когда опытейшие капитаны, зарекомендовавшие себя специалистами высшей квалификации, принимали неверное решение, подчас даже в сравнительно несложных ситуациях. При наличии затруднений каждому человеку свойственны ограничения возможностей, обусловленные несоответствием его психологических и психофизиологических характеристик уровню сложности задач, которые возникают перед ним в конкретных условиях трудовой деятельности. Эти характеристики, проявляющиеся в ситуации взаимодействия человека и технических систем, получили название «человеческий фактор».

Под «человеческим фактором» (human factor) в контексте транспортной безопасности следует понимать возможности и способности человека по приему, обработке информации и принятию решений в различных условиях управления судном.

Анализ аварийности за последние 30 лет вынудил обратить внимание на роль человека, который участвует во всех аспектах деятельности на водном транспорте, а его деятельность, в свою очередь, связана с воздействием на человека целой системы факторов: социальных, судовой организации, условий работы и жизни на судне, судовых факторов, управления на берегу, внешних воздействий и окружающей среды.

Социальные факторы: способности; навыки; знания (учет подготовки и опыта); личностные (менталитет, эмоциональное состояние); физическое состояние (состояние здоровья, лекарства-наркотики, усталость); вид деятельности перед несчастным случаем/происшествием; предписанные обязанности перед несчастным случаем/происшествием; реальное поведение во время несчастного случая/происшествия; позиция (отношение к происходящему).

Судовая организация: распределение задач и ответственности; состав экипажа (национальность/компетентность); уровень численного состава экипажа; загруженность работой/сложность задач; часы работы/часы отдыха; процедуры и распоряжения; обучение (внутреннее и внешнее); управление на судне и контроль за исполнением; организация на судне подготовки персонала и проведения учебных тревог; работа в коллективе, включая управление человеческими возможностями; планирование (рейсов, груза, технического обслуживания и ремонта).

Условия работы и жизни на судне: уровень автоматизации; эргономическое проектирование условий работы, жизни, мест отдыха и оборудования; достаточность условий жизни; возможность восстановительного отдыха; достаточность питания; уровень качки, вибрации, жары и шума.

Судовые факторы: конструкция и уровень содержания судна; оборудование (наличие, надежность); характеристики груза, включая крепление, обращение с грузом и его сохранность; свидетельства.

Управление на берегу: политика найма на работу; политика безопасности и философии (культура, позиция и доверие); приверженность управления вопросам безопасности; составление графиков отпусков; общая политика управления; расписание заходов в порты; конкретные и отраслевые договоры и/или соглашения; распределение обязанностей; связь «судно – берег».

Внешние воздействия и окружающая среда: состояние погоды и моря; условия в порту и на переходе морем (УДС, лоцманы и т.д.); плотность судопотока; ледовые условия; организации, представляющие судовладельцев и моряков; правила, освидетельствование и инспекции (международные, национальные, портовые, классификационных обществ и т.д.).

Таким образом, применительно к аварийным ситуациям в системе «судно - оператор-судоводитель - экипаж - водный путь - внешняя среда» психологический анализ просто необходим для установления истинных причин аварийности. Это должно способствовать, во-первых, оправданию невинных людей, во-вторых, изменения отношения общества к профессионально-психологическим проблемам специалистов плавсостава, и, в-третьих, развитию системы средств обеспечения транспортной безопасности, включая профотбор, оптимизацию процесса подготовки и повышения квалификации, профессиоанально-психологическую аттестацию кадров, внедрение на флоте психологических разработок и рекомендаций, повышающих надежность человека-оператора.

Все вышеизложенное свидетельствует о несомненной важности роли человеческого фактора в проблеме транспортной безопасности и необходимости его всестороннего изучения и учета на всех этапах профессионального становления специалистов водного транспорта, особенно судоводителей, так как значительная часть аварий приходится именно на судоводителей.

Выводы. Системный подход требует рассматривать исследуемый объект не только во взаимосвязи с другими объектами, но и как совокупность элементов, объединенных в единую целостность – в систему, решающую задачу по обеспечению ее всеми видами информации о возможности возникновения условий, с высокой вероятностью опасности отказов функционирования основных ее системных элементов – «судно – оператор-судоводитель – экипаж – водный путь – внешняя среда», и предотвращения опасности такого рода отказов.

Система обеспечения транспортной безопасности должна быть:

- комплексной, охватывающей все виды производственной деятельности, прямо или косвенно влияющей на безопасность;
- целенаправленной, опирающейся на технологическую формализацию, алгоритмизацию, которые будут определять состав и содержание функций (операций), подлежащих выполнению, а также порядок их использования и механизмы взаимодействия;
- саморегулируемой, с непрерывно действующими обратными связями, динамично адаптирующейся к складывающимся ситуациям;
- контролируемой, находящейся под постоянным надзором на всех уровнях управления;
- интегрируемой по направлениям национальных требований, а также в рамках требований международных соглашений.

АНАЛИЗ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ ЕВРОПЕЙСКИХ РЕЧНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СЛУЖБ

Дудова Д.А.,

Морской колледж Херсонской государственной морской академии
(Украина)

Актуальность темы. Одной из важнейших современных проблем речного флота является обеспечение безопасности судоходства как при смешанном река-море плавании, так и при плавании на внутренних водных путях (ВВП) стран Европы. Объясняется это весьма высоким уровнем аварийности флота. Действительно, навигационная аварийность судов на ВВП составляет в настоящее время значительную величину и тенденция её снижения за последние 10 лет наблюдается незначительной. Так такие виды аварийности судов, как столкновения составляют 18% – 20%, посадка на мель 13% – 30%, удары составляют от 40% до 70% от общего числа транспортных происшествий на ВВП.

Необходимость повышения безопасности и эффективности транспортного процесса на внутренних водных путях требует постоянного развития и совершенствования технических средств и систем, занятых в данном процессе. Кроме того, все более возрастает потребность в обмене информацией между сторонами, связанными с судоходством по ВВП, в частности, обмен информацией, связанной с безопасностью движения, информацией о грузо- и пассажиро-потоках. Получателями такой информации выступают не только органы, регулирующие движение судов по ВВП и на акваториях портов, но и множество коммерческих и некоммерческих организаций, занимающихся агентированием судов, экспедированием грузов, бункеровочными и другими операциями.

Речные информационные службы были разработаны в целях гарантии безопасной и эффективной речной навигации. РИС предназначена для обеспечения заинтересованных пользователей оперативной и справочной информацией об условиях плавания на водном пути, о движении и дислокации флота, состоянии гидротехнических сооружений и водных путей, грузопотоках и судопотоках.

Цель статьи – проанализировать функционирование и перспективы развития речных информационных служб Европы.

Для достижения цели необходимо решить следующие **задачи**:

- привести анализ публикаций по внедрению РИС и европейских стандартов;
- определить особенности речных информационных служб Европы;
- анализ функционирования и развития речных информационных служб Европы.

Основная часть. В настоящее время речные информационные службы созданы в Австрии, Германии, Бельгии, Румынии, Венгрии, а также Украине. Службы выполняют мониторинг судов на реке, предоставляют весь комплекс информационных услуг, используя электронно-картографические системы судов (ECDIS), спутниковые навигационные системы, АИС, радиолокационную информацию, системы передачи данных, УКВ-радиосвязь, телефонную связь [2].

Их развитие основывается на национальных, европейских и международных стандартах связи и системах управления движением судов внутренней навигации.

К основным задачам РИС относятся:

- сбор информации состоянии ВВП и судоходства в зоне действия РИС;
- получение из других источников информации, которая может влиять на судоходство в зоне действия РИС (например, метеорологическая информация, информация о чрезвычайных ситуациях и др.);
- различные согласования со смежными организациями (например, с узлами других видов транспорта);
- выработка управленческих решений по проводке судов;

- согласование систем связи и процедур обмена данными;
- оптимизация условий поступления навигационной информации на борт судна, а информации о движении судов — в аварийно-спасательные центры и центры РИС;
- организация каналов связи судов с аварийно-спасательными центрами;
- способствовать привлечению грузопотоков на внутренний водный транспорт [1].

Общие принципы функционирования морских систем управления движением судов, выработанные ИМО, применимы и для СУДС внутренних водных путей. Они включают в себя вопросы обеспечения безопасности судоходства, регулирования движения судов, организации аварийно-спасательных работ, получения и обработки текущей и долгосрочной информации о движении судов, организации навигационной помощи [4].

Для стратегического планирования движения на внутренних водных путях необходимо долгосрочное планирование использования причалов на терминалах, планирование циклов шлюзования и открытия мостов путем согласования рекомендованного времени подхода между капитаном, операторами мостов и шлюзов, разработка оптимальных маршрутов движения судов и грузов.

Речные информационные службы Европы собирают, обрабатывают, оценивают и распространяют информацию о судоходных путях, движении судов и перевозках. Для целей РИС используются современные речные информационные системы, которые состоят из одной или более согласованных систем на основе информационных технологий (ИТ).

Речная информационная служба Украины – инфраструктурный проект, созданный в соответствии с Директивой 2005/44/ЕС Европейского парламента и Совета Европы от 07.09.2005 относительно гармонизации речных информационных служб на ВВП государств Содружества в соответствии с действующими европейскими стандартами безопасности судоходства.

Главный центр РИС создан в г.Одесса, шесть региональных субцентров РИС-Днепр расположены на шлюзах Днепровского каскада. Кроме этого, вдоль Днепра от устья до Киевского шлюза в городе Вышгород (Киевская обл.) установлено еще 24 базовые станции автоматизированной идентификационной системы (АИС). РИС - Днепр введена в тестовую эксплуатацию в мае 2012 года.

Речная информационная служба «Днепр» была разработана в целях гарантии безопасной и эффективной речной навигации европейского уровня. Инновационным отличием разработанной системы является процедура подготовки и рассылки извещений судоводителям, позволяющая в автоматическом режиме переводить электронные извещения на 24 европейских языка. Такое решение, реализация которого в настоящее время только начинается в странах Европы, создает условия для навигации иностранных судов на ВВП Украины. Следует отметить, что в соответствии с техническим заданием в программно-аппаратном комплексе РИС предусмотрен интерфейс для возможного обмена информацией по судоходству в режиме реального времени с аналогичными службами сопредельных стран.

Преимуществами РИС «Днепр» также являются: предоставление информации о текущей дислокации флота на водном пути с непосредственным отображением на электронных картах, возможность демонстрации на карте схем и мест расположения портов, шлюзов, мостов и гидроэлектростанций, регистрация рейсов и фиксация прохождения контрольных пунктов на ВВП, что позволяет собирать статистику по судо- и грузопотокам.

В программе COMPRIS действуют 12 рабочих групп, Украина сегодня участвует в четырех из них.

Для полноправного участия Украины в программе COMPRIS необходимо:

- развернуть работу по созданию карт Дуная и Днепра, а также их электронной версии;
- соединить локальные АИС морских торговых портов в северо-западной части Черного моря в единую информационную систему и продолжить ее в сторону Дуная и Днепра;
- принять окончательное решение о месте строительства канала Дунай – Черное море [3].

Выводы. РИС призваны повысить безопасность судоходства и надежность перевозок на внутренних водных путях стран Европы, приведет к:

- созданию международных взаимных уступок по пользованию водными путями;
- улучшению параметров водного пути, чтобы они соответствовали международным требованиям;
- улучшению судоходства на реках;
- улучшению транспортных функций путем удлинения водных путей, используемых как для перевозок внутри стран, так и в международных перевозках, улучшению функционирования речных портов.

В Украине РИС должна способствовать безопасному и эффективному процессу организации перевозок и максимальному использованию внутренних водных путей Украины.

Таким образом, можно выделить первоочередные перспективные направления внедрения РИС в Украине:

- создание технической инфраструктуры средств связи и навигации, как основы РИС;
- развитие картографической службы и оснащение службы пути; создание централизованного сервера данных картографических объектов;
- приобретение современных промерных комплексов и программных средств;
- реализация он-лайн доступа потребителей к картографической информации;
- создание первой очереди информационного портала РИС;
- создание справочников унифицированной нормативно-справочной информации;
- развитие служб регулирования движения судов.

Внедрение РИС Украины позволит существенно повысить безопасность судоходства на внутренних водных путях и окажет позитивное влияние на экономические показатели перевозок грузов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бояров А. В. Исследование информационного обеспечения систем диспетчерской службы речных автоматизированных систем управления движения судов. – Санкт-Петербург, 2005.
2. Директива 2005/44/ЕС Европейского парламента и Совета от 7 сентября 2005 года в отношении гармонизированных речных информационных служб на внутренних водных путях в странах Сообщества, ЕС, 2005.
3. А. Ляшенко. Речные информационные службы в Европе // Порты Украины. – 2003. – № 05 (43).
4. Руководящие принципы и рекомендации для речных информационных служб : Пересмотр 1. (ECE/TRANS/SC.3/165/Rev.1), ЕЭК ООН. – Нью-Йорк и Женева, 2012.

СПОСОБЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ АВАРИЙНОГО ПРОИСШЕСТВИЯ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТЫ КОМАНДЫ МОСТИКА СУДНА

Мамонтов В.В.,

Одесская национальная морская академия
(Украина)

Актуальность. Исследование причин аварийных происшествий судов показывает, что они происходят по причине неадекватных действий судоводителя складывающейся ситуации. Это не позволяет обеспечить выполнение его функциональных обязанностей в системе управления маневрированием.

Поэтому организация управления движением судна в обычных, стесненных условиях и при аварийных ситуациях требует использования содержательных моделей и алгоритмов, которые адекватны условиям плавания. При работе в обычных условиях судоводитель действует на уровне устойчивого навыка. В стесненных условиях увеличивается число и состав элементарных операций, что создает напряженность в его работе и требует использования рациональных апробированных алгоритмов управления и доскональных знаний маневренных свойств судна и навигационных характеристик акватории для маневрирования. В экстремальных условиях необходимо использование мыслительных операций для поиска решения возникающих проблем по управлению маневрированием, что приводит к затормаживанию процесса управления.

Скоротечность процесса управления и недостаток времени для получения корректной информации о процессе движения требует предварительной подготовки к действию команды мостика в обычных, стесненных, а также в экстремальных условиях, при отказе средств обеспечения движения и маневрирования.

По этой причине разработка содержательных моделей процесса управления и алгоритма работы команды мостика в различных условиях плавания является весьма актуальной.

Результаты исследования. Адекватность процесса управления судном в различных условиях плавания обеспечивается на принципах синергического командного управления. Возрастание эффективности маневрирования в результате трех операторного управления происходит за счет соединения навигационной информации от береговых источников, судовых навигационных устройств и лоцмана на борту судна. Однако особенность судовой синергетической системы управления заключается в том, что ответственность за принятое решение возложена на капитана. Это обосновывает рекомендацию капитану готовиться к управлению командой мостика самостоятельно в любых условиях, рассматривая информацию берега и лоцмана как дополнительную и вспомогательную.

При управлении в обычных условиях безопасность движения обосновывается двумя действиями судоводителя: надлежащим планированием траектории движения и контроля над положением центра тяжести судна относительно заданного пути; своевременной оценкой чрезмерного и опасного сближения с недостаточными глубинами или другими судами.

Достоверность, объективность и конфиденциальность информации об условиях на маршруте следования судна, являются основополагающими при оценке и прогнозировании развития аварийной ситуации. Анализ аварийности на водных путях показал недостаточность, а иногда и неспособность береговых и судовых информационных систем противостоять внешним и внутренним воздействиям.

Одним из путей обеспечения безопасного управления движением [1, 2] является повышение точности планирования пути центра тяжести (ЦТ) траекторными точками (ТТ), включая криволинейное движение, а также пересчет координат места приемной спутниковой антенны на центр тяжести и использования автоматического контроля

допустимого отклонения ЦТ от ГТ.

Другим путем обеспечения оценки безопасности в обычных условиях предлагается введение в систему управления ситуационного анализатора, который позволяет своевременно оценить чрезмерное и опасное сближение и выработать рекомендации по предупреждению столкновения. Работа ситуационного анализатора основана на установленном [3] законе маневра последнего момента. Однако в указанной работе использовалась информация от САРП, которая обладает недостатками и допущениями, которые не позволяют надежно и своевременно определять развитие ситуации.

По этой причине предлагается использовать сведения от автоматизированных информационных систем (АИС).

При исследовании закона маневра последнего момента установлено, что очередность наступления времени для его выполнения не зависит от судоводителя, а определяется только динамическими свойствами собственного судна и ситуацией сближения описываемой параметрами – скоростью собственного судна V_n , относительным курсом P и курсовым углом q (рис.1).

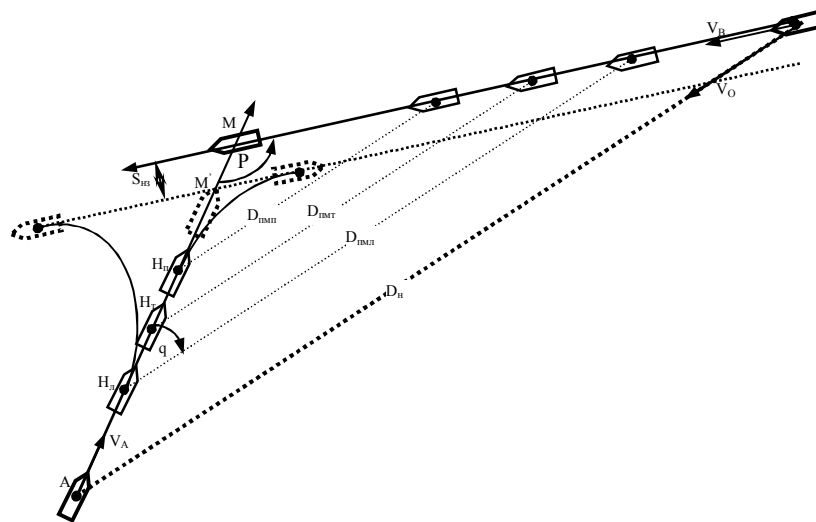


Рисунок 1 – Чрезмерное сближение судов

При этом отношение скоростей определяет ситуацию сближения. Поэтому при опасном сближении изменение ситуации проявляется только в том случае, когда собственное или встречное судно начинает маневрировать. Скорость собственного судна будет определять очередность наступления времени маневра последнего момента – торможением задним полным, отворотом влево или вправо на борт. Скорость встречного судна будет определять величину навигационного запаса.

Формализованная модель определения расстояния между судами в момент отдачи команды на средства управления имеет вид (рис. 1):

$$D_{ПМТ} = (S_{ТРМ} + MM') \cdot R; \quad (1)$$

$$D_{ПМЛ} = \left[\left(a_{Л} + b_{Л} \operatorname{tg} \frac{\Delta k_{Л}}{2} \right) + MM' \right] \cdot R; \quad (2)$$

$$D_{ПМП} = \left[\left(a_{П} + b_{П} \operatorname{tg} \frac{\Delta k_{П}}{2} \right) + MM' \right] \cdot R; \quad (3)$$

где $S_{\text{трм}}$ – тормозной путь для режима работы ЗП; $a_{\text{л}}, \epsilon_{\text{л}}$ – коэффициенты поворотливости при отвороте вправо; $a_{\text{п}}, \epsilon_{\text{п}}$ – коэффициенты поворотливости при отвороте влево; Δk – угол отворота, который определяется по формулам:

$$\Delta k_{\text{л}} = P \text{ при } q_{\text{пб}}; \Delta k_{\text{п}} = 180 - P \text{ при } q_{\text{пб}} \quad (4)$$

$$\Delta k_{\text{л}} = 180 - P \text{ при } q_{\text{лб}}; \Delta k_{\text{п}} = P \text{ при } q_{\text{лб}} \quad (5)$$

MM' – расстояние от точки пересечения курсов до линии безопасного движения, который можно определить из выражения:

$$MM' = \frac{S_{\text{нз}} \cdot R}{k \cdot \sin P} \quad (6)$$

где $S_{\text{нз}}$ – навигационный запас.

При расхождении двух судов существует 288 ситуаций расхождения и видов маневрирования. При 20 судах число сочетаний двух судов составляет 190, а общее число ситуаций и маневров составляет 54720. Столь большое количество информации судоводитель не может обработать, и ему нужна помощь. Для этого необходимо произвести автоматизацию процессов обработки данных и выдачи рекомендаций.

В состав алгоритма работы ситуационного анализатора была введена проверка матрицы расстояний. При этом все суда, расстояние до которых увеличивается, снимаются с дальнейшей обработки. Это существенно уменьшает объем вычислительной работы.

Для характеристики ситуации сближения было введено два понятия – чрезмерное и опасное сближение. Критерием такого сближения является время и дистанция наступления необходимости использовать один из трех имеющихся в распоряжении судоводителя видов маневра последнего момента. Чрезмерное сближение означает, что наступил первый вид маневра, который определяется ситуацией сближения, приведенной в табл. 1.

Таблица 1 – Очередность наступления вида маневра при отметках справа

Курсовой угол q	Относительный курс P	Вид маневра		
меньше 90°	больше 90°	торможение	отворот влево	отворот право
		отворот влево	торможение	отворот право
		отворот влево	отворот право	торможение
	равен 90°	торможение	отворот влево	отворот право
		отворот влево	отворот вправо	торможение
		отворот вправо	отворот влево	торможение
	меньше 90°	торможение	отворот право	отворот лево
		отворот право	торможение	отворот лево
		отворот право	отворот лево	торможение
равен 90°	меньше 90°	торможение	отворот право	отворот лево
		отворот право	торможение	отворот лево
		отворот право	отворот лево	торможение
больше 90°	меньше 90°	торможение	отворот право	отворот лево
		отворот право	торможение	отворот лево
		отворот право	отворот лево	торможение

Опасным сближением будем считать время и дистанцию наступления последней альтернативы, которая приведена в табл.1. Такая информация позволяет команде мостика подготовиться к маневрированию при угрозе возникновения аварийной ситуации.

Управление при экстремальных ситуациях означает, что произошел отказ судовых средств управления, которые обеспечивают маневрирование. С точки зрения деятельности оператора ошибки возникают в процессе получения зрительной информации, из-за необходимости ее обработки. Этот этап сбоев в управлении характеризуется потерей ориентировки. Для их устранения необходимо обрабатывать информацию и представлять ее оператору в виде процедурных рекомендаций, которые однозначно им воспринимаются.

Если произошло изменение в составе средств управления, то оператору требуется осуществлять обработку поступающей декларативной информации по контролю над параметрами процесса управления для корректировки плановой траектории. Задержки в интеллектуальной деятельности оператора влияют на скорость и надежность принятия решения и контроля над его реализацией.

Для того, чтобы разработать обоснованные рекомендации, по действию судоводителей при отказе средств управления, составим энергетический баланс управляющих сил. При этом необходимо составлять баланс по оси вдоль ДП и перпендикулярно ей.

$$m_x \cdot \frac{dV_x}{dt} + kV_x^2 \leq P_e + \sum_{i=1}^2 P_{яi} + \sum_{i=1}^n P_{x\delta i} + R_{вex}, \quad (7)$$

где $R_{вex}$ – суммарная сила от внешних воздействий по оси X.

$$m_y \cdot \frac{dV_y}{dt} + kV_y^2 \leq R_{py} + P_{нод} + \sum_{i=1}^n P_{y\delta i} + R_{вey}, \quad (8)$$

где $R_{вey}$ – суммарная сила от внешних воздействий по оси Y.

В распоряжении судоводителя имеется возможность определить режим движения судна, и только после этого производить выбор буксирного обеспечения и режима использования управляющих устройств.

Способ энергетического баланса позволяет решать и обратную задачу анализа причин аварийного происшествия. Для этого используя уравнение (7) по мощности буксирного обеспечения и держащей силе якорного устройства определяют скорость движения по оси X, при которой они смогут остановить движение судна. Сравнивая фактическую скорость и полученную расчетную можно установить причину происшествия.

Для оценки важности, каждого из управляющих воздействий баланс сил по оси Y составлять не имеет смысла при назначении числа буксиров. Главной задачей, при возникновении чрезвычайных ситуаций, является остановка движения судна по оси X.

При отсутствии внешних воздействий необходимую силу упора буксирных судов можно определить из условия:

$$\sum_{i=1}^2 P_{яi} + \sum_{i=1}^n P_{x\delta i} \geq kV_x^2. \quad (9)$$

Зная держащую силу якоря судна можно определить необходимую суммарную мощность буксиров, которая необходима для обеспечения безопасного маневрирования.

Выводы и предложения.

1. При подготовке к плаванию в стесненных условиях капитан должен подготовиться так, чтобы мог самостоятельно управлять судном, включая судовой детальный навигационный план плавания при лоцманской проводке, рассматривая информацию берега и лоцмана как вспомогательную.

2. Используя сведения от АИС, предлагается разработать ситуационный анализатор, который позволяет определить момент чрезмерного и опасного сближения, а

также создать систему поддержки принятия решения и предупреждения аварийного происшествия.

3. При выборе буксирного обеспечения для маневрирования использовать метод энергетического баланса, который позволяет не только определить необходимое количество буксиров для безопасного маневрирования, создать устройство для выбора режима движения в порту, но и определить причину аварийного происшествия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мальцев А. С., Ворохобин И. И., Соколенко В. И., Ищук А. К. Информационно-аналитический комплекс лоцмана «Поворот» // Судовождение : сб. научн. трудов / ОНМА. Вып.19. – Одесса : «ИздатИнформ», 2010. – С. 103-113.

2. МПК (2011.01) G08G 3/00. Патент на корисну модель. Мальцев А. С., Ворохобин І. І., Соколенко В. І.. Пристрій для попередження посадки судна на мілину.. Номер заявки: U 2010 09828. Пріоритет от 10.03.2011.

3. А. С. №1604046 СССР. Устройство для предотвращения столкновения судов. / А. С. Мальцев, В. И. Коваленко. – Заявл. 11.05.88: Зарегистр. 1.06.1990.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ С ТЯЖЕЛЫМИ НЕГАБАРИТНЫМИ ГРУЗАМИ НА МОРСКОМ ТРАНСПОРТЕ

Соловей А.С.,

Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Введение. Основной целью морского судоходства является своевременное удовлетворение спроса на морские перевозки при обеспечении безопасного транспортного процесса, прибыльности работы отрасли и соблюдения экологических требований.

Несмотря на кризисные явления в экономике объемы морских перевозок продолжают расти. Особенно заметным является рост перевозок, так как называемых проектных грузов, в том числе тяжелых негабаритных грузов. В этих условиях, когда гарантируется полная загрузка судна любых размеров, экономические соображения заставляют вводить в эксплуатацию все более крупные суда, оборудованные собственными кранами грузоподъемностью до 1000 тонн.

Анализ материалов расследований аварийных ситуаций, итоги проверки судоходных предприятий, изучение причин задержания судов в иностранных портах, показывают, что на флоте наблюдается тенденция к снижению уровня безопасности. Поэтому в плане научных исследований по отрасли определены такие приоритетные направления как безопасность функционирования транспортных средств и совершенствование управления на транспорте.

Актуальность исследования. Одним из важнейших звеньев обеспечения безопасности и повышения эффективности эксплуатации судна является его загрузка – ключевая задача, в решении которой на различных этапах участвуют порт, судовладелец и экипаж судна. Планирование, технологически правильная и рациональная загрузка судна в порту, мониторинг параметров состояния судна в рейсе, корректировка загрузки для обеспечения требуемых мореходных качеств и предотвращения аварии должны рассматриваться как составные взаимоувязанные части единой системы обеспечения безопасности мореплавания за счет управления загрузкой судна. В настоящее время число таких систем ограничено и решение задач, связанных с погрузкой судна, сводится, в основном, лишь к эпизодическим проверочным расчетам параметров посадки, устойчивости и прочности и использованию заготовленных типовых схем расходования запасов и балластировки, особенно остро проблема выработки управляющих воздействий по корректировке загрузки судна стоит в аварийных, нетиповых ситуациях, когда приходится оперировать ненадежными данными и в минимальные сроки принимать решения, от которых часто зависит жизнь людей и безопасность судна [2].

Основной материал. Проблема управления загрузкой судна и обеспечения безопасности мореплавания в общем случае является сложной. Современные достижения в области искусственного интеллекта, в частности возможности воспроизведения интеллектуальной деятельности на ЭВМ, позволяют перейти к построению интеллектуальных систем поддержки принятия решений и управления, способных обрабатывать большие объемы исходной информации в сжатые сроки и обеспечивать человека надежными рекомендациями по решению задач управления погрузкой судна и его технологическими процессам исходя из реальных условий плавания.

Одной из характерных черт современного транспортного флота является создание, динамичное развитие и поступательное совершенствование специализированных судов, предназначенных для перевозки тяжелых негабаритных грузов. Новые технологии принесли как внушительный экономический успех, так и новые проблемы. Процесс погрузки-выгрузки на судно является сложной задачей для решения которой необходимо использование специальных компьютерных систем.

Обязательным требованием при проведении судовых грузовых операций, в том числе и с тяжелыми негабаритными грузами, является мореходное состояние судна, т.е. параметры остойчивости, посадки и прочности должны находиться в допустимых пределах, которые регламентируются международными нормативными документами и рекомендациями (IMO Code of Safe Practice for Cargo Stowage and Securing, Правила морской перевозки крупногабаритных и тяжеловесных грузов. КНД 31.1.006-96/Министерство транспорта Украины и др.) [1].

Здесь следует особо отметить, что Резолюция ИМО А.489 (XII) «Рекомендации к безопасной укладке и креплению укрупненных грузовых мест и других подобных грузов на судах, не являющихся контейнеровозами» рассматривает каждое судно как «уникальный объект по своим гидростатическим характеристикам и поведению в различных погодных и морских условиях». При этом необходимо принимать во внимание также специфичность груза, его количества, свойств, мест размещения для различных судов и даже для одного судна в разных рейсах. Таким образом, с позиций ИМО, каждую морскую перевозку тяжелых негабаритных грузов специализированными судами следует рассматривать как уникальный процесс.

Все стадии морской перевозки (погрузка, размещение, крепление, перевозка, выгрузка) сопровождаются необходимыми расчетами прочности, нагрузки, действия инерционных сил. Например, одна операция подвешивания груза на гаке (крюке для подъема груза) подразумевает:

- определение порядка подвоза груза с борта судна;
- учет диаграмм вылетов кранов (возможности крана при работе, зависимость грузоподъемности крана от вылета стрелы, высоты подъема груза и глубины его опускания);
- расположение мест стропления на грузе;
- определение возможности штабелирования и перевозки на открытой палубе;
- определение положения центра тяжести относительно центра симметрии груза;
- учет ограничений по силе сдавливания на грузе при подъеме, оценка необходимости использования спрейдера и балансиров;
- оценка погодных условий при грузовых операциях (скорость ветра, освещенность, осадки). Из-за непогоды погрузку могут отменить до восстановления нормальных условий.

Перечисленные пункты призваны продемонстрировать, как много условий необходимо выполнить для осуществления всего лишь одной операции и каких колоссальных усилий требует комплекс работ, выполняемых при обработке груза в порту. При несоблюдении данных условий есть вероятность серьезного повреждения дорогостоящего груза.

На экипаж судна возлагается трудная задача по проведению всего комплекса грузовых операций, которые можно разделить на следующие направления:

- организация коммуникации и связи;
- контроль остойчивости и посадки судна;
- подготовка к работе кранов и вооружение стрел;
- безопасность грузовых операций;
- проведение крепления груза;
- подготовка судна к рейсу.

Использование современной вычислительной техники и специализированных компьютерных программ позволяет обеспечить возможность расчета оптимальной погрузки/выгрузки судна. На сегодняшний день существующие программные комплексы на базе грузового компьютера судна, позволяют смоделировать процедуру погрузки/выгрузки груза на судно, отслеживая при этом параметры остойчивости, прочности и т.д. Среди таких программных комплексов, наиболее используемых на морских специализированных судах-тяжеловозах, можно выделить следующие:

1. COLOS (Datentechnik Rostock GmbH, Германия) – программный комплекс создан для предварительной проработки грузовых операций на универсальных судах с различными типами грузов: специальные (проектные) грузы, контейнеры, насыпной груз. Программа разрабатывается под каждое судно индивидуально [3].

2. Seacos MACS3 Loading Computer System (INTERSCALT maritime systems AG, Германия) – цифровая компьютерная автоматизированная система для транспортных судов, состоит из грузового компьютера (hardware) и многофункционального программного комплекса, который позволяет просто и быстро определить основные параметры и значения для любых условий погрузки [4].

3. LOCOPIAS (SARC BV, Нидерланды) – судовая грузовая компьютерная программа. Используется для получения оптимального варианта погрузки судна с учетом пределов значений для прочности, остойчивости, осадки судна и т.д. Программа подходит для любого типа судна. В коммерческом варианте поставляется в привязке к конкретному судну. Программа имеет одобрение основных классификационных обществ, и удовлетворяет требованиям категорий В и С стандарта ISO 16155 [5].

Эти и другие существующие грузовые программные комплексы, которые имеют все современные морские суда, позволяют произвести ручную имитацию погрузки судна (составить предварительный грузовой план), оценить уровень её мореходной безопасности. Кроме того они позволяют выполнить расчет остойчивости и прочности судна, с отображением в графическом и цифровом виде результаты для основных параметров погрузки.

Грузовые компьютерные программы разрабатываются соответствующими фирмами под надзором классификационного общества, которое выдает сертификат соответствия программы существующим требованиям. Следует заметить, что разработка и сертификация грузовой программы требуют значительных денежных затрат судовладельца.

Общим недостатком существующих судовых грузовых программ является то, что они решают только прямую задачу: по заданной загрузке производится оценка параметров мореходности судна, хотя имеющиеся теоретические разработки и современные компьютерные технологии позволяют разработку программ, способных при заданных допустимых параметрах посадки, остойчивости и общей продольной прочности, а также по предъявленному к перевозке грузу находить оптимальный (или приемлемый) вариант загрузки [6].

Большое многообразие решаемых судоводителем задач при реализации технологического процесса погрузки тяжелого негабаритного груза, в общем случае в условиях неопределенности, обуславливает необходимость создания специализированной системы поддержки принятия решений (СППР), которая позволит существенно повысить качество управления процессом и в целом предназначена для использования на судне-тяжеловозе в качестве информационно-советующей системы для судоводителя, ответственного за осуществление технологического процесса погрузки (обычно это старший помощник, капитан судна).

Выводы. Анализ технологического процесса погрузки/выгрузки судов, перевозящих тяжелые негабаритные грузы, позволяет определить требования к системам поддержки принятия решений по управлению процессом погрузки/выгрузки, которая учитывает отличительные особенности конкретных грузовых операций. Практическая реализация такой системы поддержки принятия решений приведет к уменьшению влияния человеческого фактора в проведении грузовых операций и позволит на современном уровне с использованием современных средств и перспективных технологий поддерживать безопасность мореплавания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Правила морской перевозки крупногабаритных и тяжеловесных грузов. КНД 31.1.006-96 / Министерство транспорта Украины. – Одесса, 1996. – 61 с.
2. Электронный ресурс. – Режим доступа: <http://www.referun.com/n/teoreticheskie-osnovy-postroeniya-intellektualnyh-sistem-upravleniya-zagruzkoy-sudna>
3. User Manual for the loading computer COLOS (Computer-Loading-System).
4. Loading Computer System seacos MACS3 Version NET 1.1 Crane Operation Module Manual / INTERSCHALT maritime systems AG – Wilhelmstrasse 7-9 – 24937 Flensburg.
5. LOCOPIAS LOADING COMPUTER SOFTWARE MANUAL / SARC BV Eikenlaan 3, 1406 PK Bussum, The Netherlands.
6. Николаева Л. Л. Разработка метода оперативной оценки критериев мореходности судна / Л. Л. Николаева, А. В. Гайченя, М. Ю. Соколов // Судовождение. – 2009. – № 16. – С. 132 - 133.

СЕКЦІЯ 6:

ПРОБЛЕМИ НАДІЙНОСТІ ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

УРАВНЕНИЕ ЧАСТОТ ПРИЗМАТИЧЕСКОЙ БАЛКИ И ЕГО ПРИЛОЖЕНИЯ К ЗАДАЧЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ КОНСТАНТ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Алексенко В.Л., Скирденко В.О., Шварц С.С.,
Херсонская государственная морская академия (Украина),
Корень Е.В.,
Херсонский государственный аграрный университет
(Украина)

Введение. При экспериментальном определении механических констант материала динамическим методом авторы столкнулись с проблемой дефицита справочной информации в задаче о колебаниях призматической балки с компактной массой на конце. Определение собственных частот для призматических балок не представляет принципиальных затруднений и следовало ожидать, что результаты таких решений должны быть отображены в многочисленных справочных пособиях. Однако оказалось, что все доступные источники копируют, причём в низком качестве, графики заимствованные из ставшего библиографической редкостью справочника [1]. Точность представленных этими графиками данных для целей исследований недостаточна. Уравнение частот, из которого пользователь указанных пособий при наличии персонального компьютера и многочисленных свободно распространяемых программ извлёк бы интересующую его информацию, отсутствует.

Цель разработки. Отмеченная выше, своеобразная «утеря» подобной информации обусловлена различными причинами, в том числе ходом развития науки, техники и издательского дела. В данной работе была поставлена цель - восполнить некоторые из возникших информационных пробелов в форме уточнённых решений задач теории колебаний, с практическим приложением к задачам определения механических констант материалов.

Учёт сдвига при изгибе. Техническая теория поперечного изгиба балок содержит определённые внутренние противоречия, проявляющиеся при определении перемещений как у относительно коротких, так и у балок с широким развитием поясков, например в составе судовых конструкций типа двойного дна или бортов. Это же обстоятельство, в частности, предусматривает разную минимальную длину стандартных образцов при определении модуля Юнга путём испытания на изгиб по так называемым *трёх-* и *четырёхточечным* схемам и связано с влиянием деформаций сдвига. Задача об изгибе балок с учётом сдвига всегда привлекала внимание специалистов в строительной механике корабля и достаточно подробно рассмотрена [2, §52].

Для консольной балки длиной l с погонной массой m при сосредоточенной массе M_p на свободном конце, авторами получено уравнение частот относительно собственных частот λ_n и изгибной EI и сдвиговой $G\omega$ жёсткостей:

$$\begin{aligned} f(\lambda_n, EI, G\omega) = & \left(a_{22}^{(n)} - a_{20}^{(n)} a_{02}^{(n)} / a_{00}^{(n)} \right) \left(a_{33}^{(n)} - a_{31}^{(n)} a_{13}^{(n)} / a_{11}^{(n)} \right) - \\ & - \left(a_{32}^{(n)} - a_{30}^{(n)} a_{02}^{(n)} / a_{00}^{(n)} \right) \left(a_{23}^{(n)} - a_{21}^{(n)} a_{13}^{(n)} / a_{11}^{(n)} \right) = 0 \end{aligned} \quad (1)$$

где

$$\begin{aligned} j_n = \lambda_n \left[-\frac{m}{2G\omega} + \sqrt{\left(\frac{m}{2G\omega}\right)^2 + \frac{m}{\lambda_n^2 EI}} \right]^{1/2}; \quad \mu_n \\ = \lambda_n \left[\frac{m}{2G\omega} + \sqrt{\left(\frac{m}{2G\omega}\right)^2 + \frac{m}{\lambda_n^2 EI}} \right]^{1/2} \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned}
a_{00}^{(n)} &= 1 - \frac{EI}{G\omega} j_n^2; & a_{02}^{(n)} &= 1 + \frac{EI}{G\omega} \mu_n^2; & a_{11}^{(n)} &= j_n a_{00}^{(n)}; & a_{13}^{(n)} &= \mu_n a_{02}^{(n)}; \\
a_{20}^{(n)} &= j_n^2 ch(j_n l) a_{00}^{(n)}; & a_{21}^{(n)} &= j_n^2 sh(j_n l) a_{00}^{(n)}; \\
a_{22}^{(n)} &= -\mu_n^2 cos(\mu_n l) a_{02}^{(n)}; & a_{23}^{(n)} &= -\mu_n^2 sin(\mu_n l) a_{02}^{(n)}; \\
a_{30}^{(n)} &= j_n^3 sh(j_n l) + \frac{M_p \lambda_n^2}{EI} a_{00}^{(n)} ch(j_n l); & (3) \\
a_{31}^{(n)} &= j_n^3 ch(j_n l) + \frac{M_p \lambda_n^2}{EI} a_{00}^{(n)} sh(j_n l); \\
a_{32}^{(n)} &= \mu_n^3 sin(\mu_n l) + \frac{M_p \lambda_n^2}{EI} a_{02}^{(n)} cos(\mu_n l); & a_{33}^{(n)} \\
&= -\mu_n^3 cos(\mu_n l) + \frac{M_p \lambda_n^2}{EI} a_{02}^{(n)} sin(\mu_n l)
\end{aligned}$$

Основные формы решения частотного уравнения. Трансцендентное уравнение (1) может быть разрешено относительно любого параметра, если остальные заданы. Для данного исследования интерес представляют две основные задачи.

Первая, обычно рассматриваемая в теории колебаний задача, назовём её *прямой*, заключается в определении собственных частот λ_n , которые, как известно, образуют бесконечную последовательность. Из этой последовательности практический интерес, обычно представляют лишь первые 2 - 3 реже до 5 гармоник, так как «балочное» решение достаточно точно описывает напряжённо-деформированное состояние, пока полуволна формы колебания в несколько раз превышает размер (высоту) балки в плоскости колебаний. Следовательно, чем больше относительная длина балки, тем больше частот собственных колебаний с приемлемой для практики точностью можно определить. Поскольку корни частотного уравнения нельзя найти аналитически, необходимо воспользоваться одним из численных методов ориентированных на современную вычислительную технику [3]. Здесь необходимо решить две проблемы: локализации корней и подбора подходящего метода их уточнения в каждом интервале содержащем корень.

Обратная задача заключается в следующем. Пусть для заданной балки известны несколько собственных частот λ_n , например, определённых экспериментально. Необходимо найти один из её неизвестных параметров входящих в частотное уравнение непосредственно или через известную связь с другими. Так значительный интерес для материаловедов и прочнистов представляет определение механических констант конструкционных материалов, например модуля Юнга E , одним из динамических способов. Эта задача с вычислительной точки зрения не отличается от предыдущей. Поскольку уравнение (1) нелинейно относительно E , в результате вычислений будет найден ряд значений физически ограниченный нулём и модулем наиболее жёсткого из известных в природе материалов - алмаза. Т.е. снова возникает проблема выделения единственного корня, например сравнением с определёнными другими методами. Окончательная проверка достигается решением прямой задачи и сопоставлением вычисленных собственных частот с экспериментальными.

Алгоритм и программы решения прямой и обратной задач для частотного уравнения. Для численного решения прямой и обратной задач для частотного уравнения (1) разработаны программы на языке Pascal ABC. Локализация и уточнение корней в том и другом случаях выполняются одинаково. Для выделения корней применяется сканирование исследуемого интервала с постоянным достаточно малым шагом, величина которого подбирается путём численных экспериментов. Если на границах локального интервала функция имеет разные знаки, то это свидетельствует о наличии в нём, по крайней мере, одного корня. После чего следует процедура сужения этого интервала до

момента, когда его длина станет меньше заданной точности определения корней. Для уточнения корней использован метод *половинного деления* обладающий гарантированной сходимостью. Решение частотного уравнения (1) относительно λ_n выполняется с помощью программы *consolL*. Эта же программа используется для проверки найденных с помощью программы *consolE* предполагаемых значений модуля E .

Некоторые результаты решения прямой и обратной задач. В табл. 1 приведен ряд результатов полученных при тестировании программ *consolL* и *consolE*.

Таблица 1 – Результаты тестирования программ

Массогабаритные параметры образца: $l=0.1$; $b=0.01$; $h=0.002$; $ro=7800$; $m=0.156$; $mu=0.3$; $Om=1.666666666666667E-5$; $I=6.666666666666667E-12$; $Mp=0.0312$;	
Программа <i>consolL</i> для $E=2 \cdot 10^{11}$ Па	Программа <i>consolE</i> для λ_n
$\lambda_1=338.592612838745$;	$E_1=200000002845.764$
$\lambda_2=4633.94769439697$;	$E_2=199999989706.039$
$\lambda_3=14714.9616409302$;	$E_3=199999987802.506$
$\lambda_4=30469.3702102661$;	$E_4=199999993706.055$
$\lambda_5=51815.8680130005$.	$E_5=199999981845.703$

Выводы и рекомендации. Разработан динамический способ определения упругих констант призматических образцов материала. Способ применим для миниатюрных образцов, когда традиционные методы и оборудование становятся неприемлемыми.

Взамен неполных и недостаточно точных справочных данных приводимых в доступной литературе предложен программный комплекс позволяющий решать прямую и обратную задачи для уточнённого частотного уравнения.

С ростом номера тона собственных колебаний возрастает погрешность их определения из частотного уравнения (1). Поэтому в динамическом методе определения модуля Юнга, при решении обратной задачи для частотного уравнения, по возможности следует использовать значение наиболее низких из найденных экспериментально собственных частот, желательно первого тона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ананьев И. В. Справочник по расчёту собственных колебаний упругих систем. – ОГИЗ. Гостехиздат, 1946.
2. Суслов В. П., Кочанов Ю. П., Спихтаренко В. Н. Строительная механика корабля и основы теории упругости. – Л. : Судостроение, 1972. – 720 с.
3. Ланцош К. Практические методы прикладного анализа : Справочное руководство / Пер. с англ. М. З. Кайнера, под ред. А.М. Лопшица. – М. : Гос. изд. физико-математической литературы, 1961. – 524 с.

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВЗАЄМОДІЇ ПНЕВМОКОЛІСНОГО РУШІЯ З ОПОРНОЮ ПОВЕРХНЕЮ, ЩО ДЕФОРМУЄТЬСЯ

Балака М.М., Пелевін Л.Є., Аржаєв Г.О.,

Київський національний університет будівництва і архітектури (Україна),

Василенко А.В.,

Воронезький державний архітектурно-будівельний університет
(Росія)

Вступ. Застосування колісних землерийно-транспортних машин (ЗТМ) підвищеної одиничної потужності й вантажопідйомності під час виконання значних обсягів земляних робіт дає суттєву економію коштів та енергоносіїв за рахунок більш ефективного використання потужності рушійної установки, зниження показників питомої витрати енергоносія на одиницю об'єму розробленого ґрунту, збільшення продуктивності праці та скорочення термінів будівництва. Шини в цих машинах є важливими конструктивними елементами їх ходового обладнання і значною мірою визначають експлуатаційні та техніко-економічні показники. Тому підвищення ефективності колісних ЗТМ нерозривно пов'язане з дослідженнями роботи пневмоколісного рушія і поліпшенням його робочих характеристик [1].

Актуальність досліджень. Для ЗТМ характерними є два режими руху – тяговий і транспортний. Причому тривалість тягового режиму роботи машини займає значну частину від загальної тривалості технологічного циклу. Враховуючи особливості роботи колісних ЗТМ, найбільший інтерес представляє прямолінійний рух машини, при якому реалізуються максимальні значення сили тяги, тягової потужності та інших тягово-зчіпних властивостей пневмоколісного рушія, зокрема, колеса з великогабаритною шиною (ВГШ) [2, 3]. При цьому зусилля на робочому органі, що долає опір ґрунту копанню, створюється за рахунок сили тяги, котра розвивається пневмоколісним рушієм.

У процесі експлуатації колеса з пневматичною шиною піддається силовому впливу від базової машини та опорної поверхні руху. Механічні властивості пневматичної шини чинять істотний вплив на здатність колеса сприймати і перетворювати зовнішні навантаження в силу тяги. Пневмоколісний рушій при коченні по опорній поверхні сприймає зовнішні навантаження, що спричиняють до появи складних деформацій в пневматичній шині, зокрема, в її каркасі та брекері [3]. В свою чергу, оболонка пневматичної шини навантажена надлишковим внутрішнім тиском повітря і деформації, що відбуваються в області контакту, викликають зміну внутрішнього тиску, частково перерозподіляючи їх дію на іншу частину оболонки. Розв'язання задачі визначення механічних властивостей пневматичної шини за її окремими параметрами, до яких можна віднести: конструктивні особливості, геометричні розміри, внутрішній тиск повітря тощо, навіть із застосуванням сучасних методів чисельного аналізу представляє досить значні труднощі [4], тому постає задача експериментального дослідження роботи пневмоколісного рушія ЗТМ.

Постановка задачі. На випробувальному стенді для дослідження роботи колеса з пневматичною шиною отримати залежності, що характеризують вплив виду та стану опорної поверхні, розмірів і робочих характеристик ВГШ, внутрішнього тиску повітря в шинах на тягово-зчіпні властивості пневмоколісного рушія при прямолінійному русі.

Результати досліджень. Експериментальні дослідження проводились авторами за програмою Міждержавної співпраці в галузі виробництва, випробувань і експлуатації пневматичних шин для позашляхових транспортно-технологічних засобів різного призначення в країнах СНД у липні – серпні 2011 року на самохідному стенді для дослідження роботи окремого колеса з ВГШ при прямолінійному русі в умовах Полігону будівельно-дорожніх машин Воронезького державного архітектурно-будівельного університету (Росія).

В якості об'єктів досліджень було прийнято серійні пневматичні шини розміром 27.00-33 моделі В-71 і 37.5-39 моделі Ф-7 за ГОСТ 8430-2003 і ГОСТ 26585-2003, що є

характерними представниками ВГШ для будівельно-дорожньої, підйомно-транспортної та рудничної техніки з максимальною швидкістю руху до 50 км/год і які застосовуються на колісних ЗТМ підвищеної одиничної потужності й вантажопідйомності, зокрема, на самхідних скреперах ДЗ-13Б, ДЗ-115А і ДЗ-107А типорозмірів СС-15 і СС-25 відповідно.

Стенд (рис. 1) представляє собою систему з двох агрегатів: привідного агрегату, що забезпечує навантаження і привід колеса при випробуваннях, та гальмівного агрегату. В якості гальмівного агрегату застосовувався гусеничний трактор Т-100МГБ від роторного екскаватора ЭР-7А, обладнаного розширеним гусеничним ходом і ходозменшувачем, що забезпечує при русі «вперед» 12 ступенів швидкостей в діапазоні від 0,086 до 0,86 м/с [5].

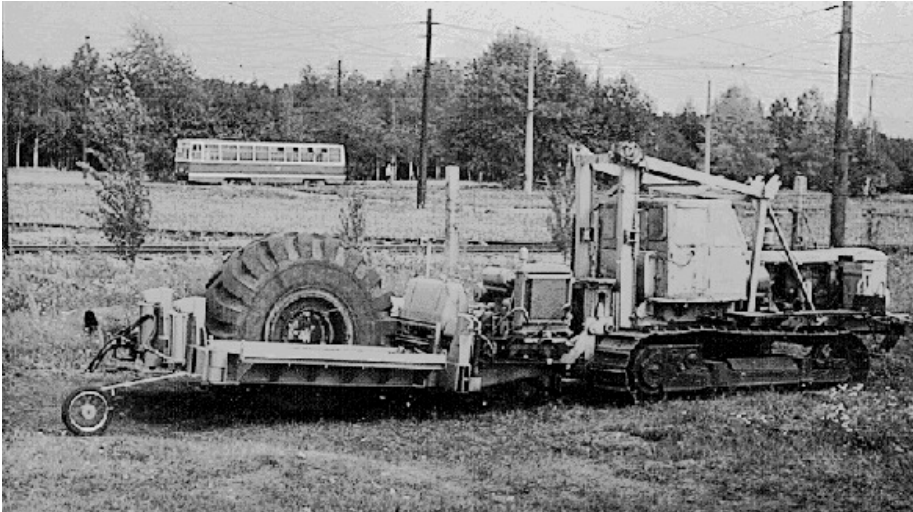


Рисунок 1 – Загальний вигляд стенда при випробуваннях колеса з пневматичною шиною розміром 37.5-39 моделі Ф-7

Дослідження роботи окремого колеса з ВГШ при прямолінійному русі проводилися на щільному свіжозрізаному і розпушеному ґрунтах. Для створення умов, наближених до тих, в яких працюють колісні ЗТМ, виконувалась відповідна підготовка ґрунтової опорної поверхні на випробувальному майданчику довжиною біля 100 м і шириною до 5 м.

Для дослідження необхідної кількості процесів, що одночасно відбуваються при роботі окремого колеса з ВГШ (без урахування енергетичних витрат силової установки), використовувалися датчики, встановлені на стенді [5, 6], за допомогою яких вимірювались наступні параметри: крутний момент, що підводиться до пневмоколісного рушія – M_K ; сила тяги – T ; радіальна – Δ_r і тангенційна – Δ_T деформації шини; нормальні напруження в області контакту шини з опорною поверхнею (по виступу – σ_B і лобовій поверхні – σ_L ґрунтозачіпу протектора шини); швидкість проковзування елемента протектора шини – $\Delta V_{П\zeta}$; частота обертання колеса – n_K і мірного колеса – n_{MK} ; час досліду – t . Зібраний масив експериментальних даних було оброблено за допомогою програм MathCAD і Excel.

Оскільки пневматична шина представляє собою оболонку з достатньо тонкими стінками, то її механічні властивості та здатність деформуватися під дією зовнішніх навантажень істотним чином залежать від величини внутрішнього тиску повітря, що представлено на рис. 2, а. Аналіз залежності показав, що збільшення внутрішнього тиску повітря в шині спричинює непропорційне зниження величини радіальної деформації.

Величина і характер навантажень колеса чинять істотний вплив на деформаційний стан пневматичної шини [2, 3]. Для оцінки їх впливу у вигляді вертикального (нормального) навантаження – P_Z і сили тяги – T на деформаційні характеристики шини використовувалися результати, що отримано під час проведення випробувань пневмоколісного рушія на тяговому режимі його силового навантаження при прямолінійному русі на щільному свіжозрізаному суглинку, і які показано на рис. 2.

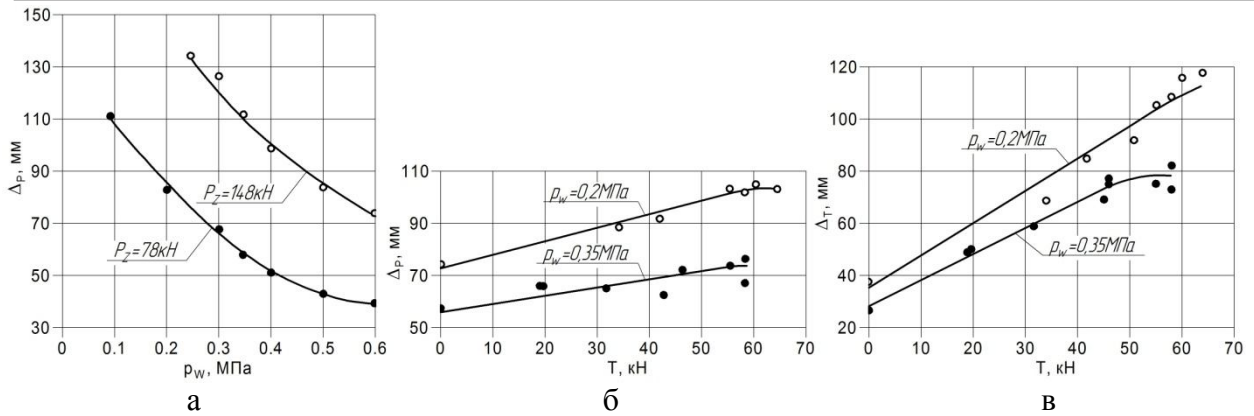


Рисунок 2 – Залежності радіальної деформації Δ_p (а) шини від внутрішнього тиску повітря p_w при різних P_z , радіальної Δ_p (б) і тангенційної Δ_τ (в) деформацій шини від сили тяги T при різних p_w , при коченні колеса з шиною 27.00-33 моделі В-71 по щільному суглинку

Аналіз отриманих залежностей показав, що при збільшенні сили тяги значення обох складових деформацій збільшуються практично лінійно, але до певної межі, обмеженої змінами пружних властивостей шини і умовами прогресивного збільшення глибини колії при значному буксуванні колеса. Слід зазначити, що збільшення тангенційної деформації (рис. 2, в) проходить інтенсивніше за зростання радіальної деформації шини (рис. 2, б).

Сукупність зовнішніх силових факторів, що діють на пневмоколісний рушій в процесі його руху, врівноважується дією нормальних і дотичних напружень, що виникають при цьому в області контакту колеса з опорною поверхнею. Причому дотичні напруження контактуючих тіл і реалізуються у вигляді сил тертя і зсуву при заглибленні ґрунтозацепів в опорну поверхню, що деформується [2]. Розміри і форма поверхні контакту безпосередньо пов'язані з величиною і характером розподілу контактних напружень, які, в свою чергу, пов'язані з відношенням механічних властивостей контактуючих тіл, спрямованістю і величиною зовнішніх навантажень [4].

Визначення контактних напружень шини 37.5-39 моделі Ф-7 при внутрішньому тиску повітря $p_w = 0,2$ МПа здійснювалося при коченні колеса по розпушеному вологому суглинку ($w = 26\%$) на вільному режимі його силового навантаження. Епюри нормальних контактних напружень σ_B по довжині і ширині контакту шини в центральних поздовжній (координата x) і поперечній (координата y) площинах колеса наведено на рис. 3.

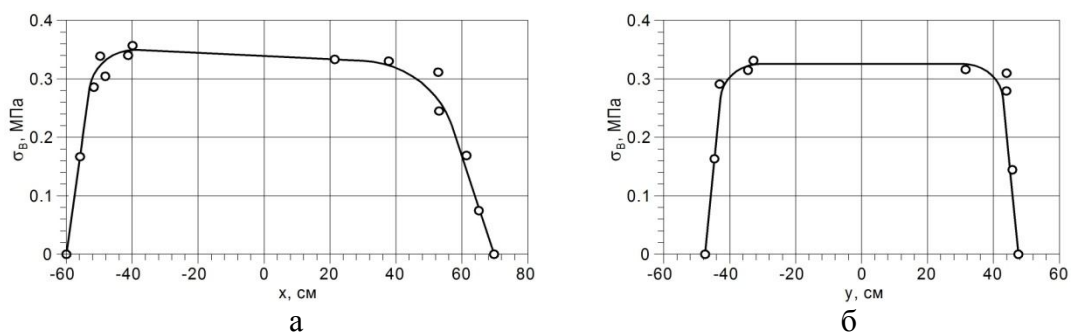


Рисунок 3 – Епюри нормальних контактних напружень σ_B по довжині (а) і ширині (б) контакту шини 37.5-39 моделі Ф-7, при коченні колеса по розпушеному суглинку при $p_w = 0,2$ МПа

Характер епюр нормальних контактних напружень в області контакту шини 37.5-39 моделі Ф-7 з опорною поверхнею, що деформується, повністю відповідає експериментальним даним, що отримано в [2], наприклад, для шини 21.00-33 моделі ВФ-166А.

Опір коченню, поряд з тяговим к.к.д., є одним з показників, що дозволяє оцінити ефективність роботи пневмоколісного рушія. Величина опору коченню пневмоколісного рушія, що прийнято оцінювати моментом опору коченню M_f або безрозмірним коефіці-

ентом опору коченню f , залежить від багатьох параметрів пневматичної шини, механічних властивостей опорної поверхні і режиму навантаження колеса під час його руху [2, 7].

Численними дослідженнями встановлено, що навантаження колеса поздовжньою силою призводить до зростання опору коченню. Цю залежність наочно представлено на рис. 4, а при коченні колеса з шиною 37.5-39 моделі Ф-7 по розпушеному вологому суглинку ($w = 26\%$) при внутрішньому тиску повітря в шині $p_w = 0,3$ МПа і вертикальному навантаженні $P_z = 92$ кН. Основні причини цього явища полягають в наступному: під дією сили тяги зростає тангенційна деформація шини, що призводить до збільшення зміщення рівнодіючої нормальних елементарних сил в контакт від вертикалі, яка проходить через вісь колеса і, крім того, збільшуються складові сил тертя в контакт. При цьому, в області контакту зсув ґрунту відбувається інтенсивніше і при значному буксуванні це призводить до прогресивного збільшення глибини колії.

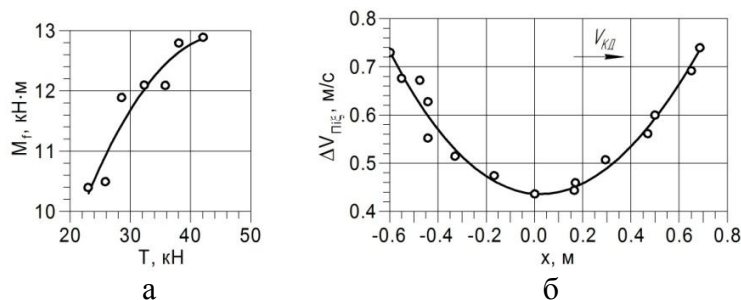


Рисунок 4 – Залежності моменту опору коченню M_f від сили тяги T (а) і швидкості проковзування елемента протектора $\Delta V_{пгз}$ від поздовжньої координати контакту x (б), при коченні колеса з шиною 37.5-39 моделі Ф-7 по розпушеному суглинку

Аналіз залежності, представленої на рис. 4, б, показав, що збільшення швидкості проковзування елементів протектора шини відносно опорної поверхні, що деформується, суттєво вплине на тягово-зчіпні властивості рушія, а також призведе до значного збільшення абсолютної величини шляху проковзування шини відносно опорної поверхні, а також до більш інтенсивного зношення протектора шини і зниження терміну її служби.

Найбільш повне уявлення про тягово-зчіпні властивості пневмоколісного рушія дає тягова характеристика. Щодо тягових випробувань з використанням спеціальних стендів мова йде про окреме колесо з пневматичною шиною, що дозволяє за допомогою тягової характеристики проаналізувати потенційні тягово-зчіпні можливості пневмоколісного рушія незалежно від особливостей ходового обладнання базової машини [7].

На рис. 5, а представлено експериментальну тягову характеристику колеса з пневматичною шиною розміром 27.00-33 моделі В-71 на щільному суглинку при вертикальному навантаженні $P_z = 78$ кН і різних значеннях внутрішнього тиску повітря p_w . Аналіз тягової характеристики показує, що зниження внутрішнього тиску повітря в шині p_w від 0,35 до 0,2 МПа призводить до збільшення коефіцієнта зчеплення ϕ на 12%, максимального значення тягової потужності $N_{T_{\max}}$ на 4% і супроводжується загальним зниженням інтенсивності проковзування пневмоколісного рушія. Водночас знижується максимальна величина тягового к.к.д. η_T на 9%, що спричинено зростанням опору коченню.

Для наочної демонстрації впливу виду опорної поверхні на тягово-зчіпні властивості пневмоколісного рушія, на рис. 5, б представлено експериментальну тягову характеристику колеса з пневматичною шиною розміром 37.5-39 моделі Ф-7 на щільному і розпушеному суглинку при вертикальному навантаженні $P_z = 92$ кН. Зниження міцності та зв'язності ґрунтової поверхні значно погіршило характер і основні показники тягової характеристики. При цьому зменшились величина коефіцієнта зчеплення ϕ на 40%, максимальне значення тягового к.к.д. η_T на 20%, а максимальне значення тягової потужності $N_{T_{\max}}$ на 45%.

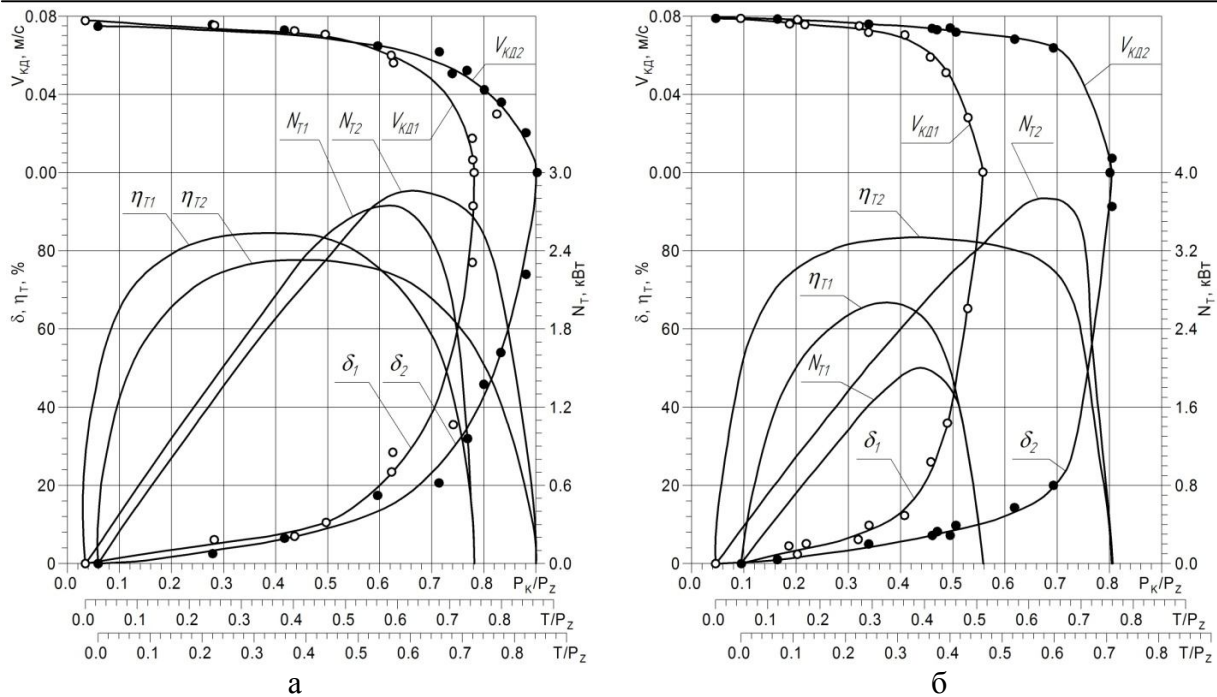


Рисунок 5 – Тягові характеристики колеса з пневматичною шиною розміром:
 а – 27.00-33 моделі В-71 на щільному суглинку при $p_w = 0,35$ МПа (1) і $p_w = 0,2$ МПа (2);
 б – 37.5-39 моделі Ф-7 на розпушеному (1) і щільному (2) суглинку при $p_w = 0,2$ МПа

Висновки. Представлені результати експериментальних досліджень процесу взаємодії пневмоколісного рушія з опорною поверхнею, що деформується, показали, що до числа факторів, які суттєво впливають на тягово-зчіпні властивості колеса з ВГШ, слід віднести величину внутрішнього тиску повітря в шині, а також вид і стан опорної поверхні руху колеса. Використання отриманих результатів, в подальшому, при визначенні зношення протектора шини і строку її служби, дозволить обґрунтувати і розрахувати потреби у матеріально-технічних засобах на експлуатацію ЗТМ підвищеної одиничної потужності й вантажопідйомності, зокрема, самохідних скреперів типорозмірів СС-15 і СС-25, обладнаних пневматичними шинами розміром відповідно 27.00-33 і 37.5-39.

ЛІТЕРАТУРА

1. Балака М. М. Тенденції розвитку колісних землерийно-транспортних машин / М. М. Балака // Наукова конференція молодих вчених, аспірантів і студентів, 6-8 листоп. 2012 р. : Тези доп. – К. : КНУБА, 2012. – Ч. 1. – С. 83-84.
2. Ульянов Н. А. Колесные двигатели строительных и дорожных машин : теория и расчет / Н. А. Ульянов. – М. : Машиностроение, 1982. – 279 с.
3. Скорняков Е. С. Крупногабаритні шини автомобілів та тракторів : монографія / Е. С. Скорняков. – Дніпропетровськ : Пороги, 2000. – 264 с.
4. Бухин Б. Л. Введение в механику пневматических шин / Б. Л. Бухин. – М. : Химия, 1988. – 224 с.
5. Стенды для испытания крупногабаритных пневматических шин / Н. А. Ульянов, П. И. Никулин, Н. П. Куприн, А. В. Василенко // Строительные и дорожные машины. – 1982. – № 6. – С. 21-22.
6. Пелевін Л. Є. Інформаційно-вимірвальне забезпечення стендових випробувань окремого колеса з пневматичною шиною / Л. Є. Пелевін, Г. О. Аржаєв, М. М. Балака // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. – 2007. – Вип. 70. – С. 65-71.
7. Петрушов В. А. Сопротивление качению автомобилей и автопоездов / В. А. Петрушов, С. А. Шукшин, В. В. Московкин. – М. : Машиностроение, 1975. – 225 с.

АНАЛИЗ СПОСОБОВ БЕСКОНТАКТНОГО ИЗМЕРЕНИЯ УДЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ЛИСТОВЫХ МЕТАЛЛОВ ПРИ МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКЕ МЕТАЛЛОВ (МИОМ)

Барбашова М.В.,

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет
(Украина)

Введение. В современной промышленности применяются различные металлы и их сплавы, это обусловлено как экономическими показателями, так и техническими (прочность, доступность в обработке и обслуживании, массогабаритные показатели и др.) показателями. В связи с этим, остро встает вопрос о точных электрофизических параметрах (например, удельная электропроводность, магнитные характеристики и др.) обрабатываемого металлического элемента конструкции авто. От этого зависит выбор, как способа, так и метода самой обработки и, соответственно, качество, и эффективность обработки (ремонта, рихтовки, восстановления).

Актуальность исследований. Недостатком известных способов измерения удельного электрического сопротивления (удельной электропроводности проводников) является наличие электрических контактов в процессе самого измерения. Это вносит значительную погрешность в процесс измерения, т.к. сами контакты (места подсоединения) обладают своим значением активного сопротивления – переходное сопротивление [1, 2].

Отмеченных выше недостатков лишены бесконтактные системы измерения удельной электропроводности проводников, основанные на идее о взаимодействии «встречных» магнитных полей двух соленоидов [3].

Постановка задачи. Сущность предлагаемых способов состоит в суперпозиции магнитных потоков двух независимых источников, и соответственно, заключается в следующем.

На два листовых образца с внешних сторон действуют «встречные» магнитные поля. Термин «встречные» означает включение источников магнитного поля, при котором вектора напряжённости направлены противоположно, а их амплитуды таковы, что в пространстве между образцами магнитный поток обращается в нуль [4,5].

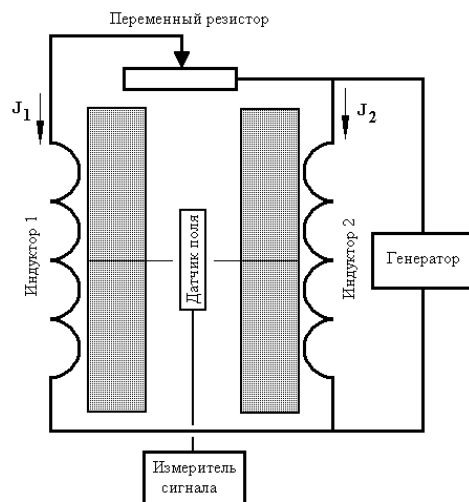


Рисунок 1 – Схема измерения удельной электропроводности плоских листовых металлов

Как видно из схемы на рисунке 1, источниками «встречных» полей являются два плоских соленоидов (индуктор 1 и индуктор 2), расположенные на внешних поверхностях двух немагнитных металлических образцов. Один из них является «контрольным». Все его параметры известны. Пусть это будет металлический лист с толщиной и удельной

электропроводностью – d_1 и γ_1 , соответственно. Для второго образца известна только его толщина – d_2 . Удельная электропроводность подлежит определению, $\gamma_2 = ?$.

Практическая реализация настоящего предложения по измерению удельной электропроводности требует решения следующих основных вопросов:

- выбор конструктивного исполнения источников магнитного поля (индукторов) для возбуждения плоских магнитных полей, обеспечивающих максимум приближения к идеализации плоских электромагнитных волн,
- получение рабочих соотношений для определения неизвестной электропроводности, учитывающих взаимное влияние проводящих конструктивных элементов в реальной измерительной системе,
- возможность определения удельной электропроводности ферромагнитных листовых металлов, условия и рабочие соотношения.

Цель работы – провести анализ способов бесконтактного измерения удельной электропроводности тонкостенных листовых металлов при магнитно-импульсной обработки металлов (МИОМ).

Результаты исследований. В данной работе приведен анализ трех конструктивных решений поставленной задачи:

1. Способ измерения удельной электропроводности немагнитного металла, когда «встречные» поля возбуждаются массивными соленоидами-индукторами, обмотки которых выполнены из «идеальных» проводников. Опуская подробное описание решения уравнений Максвелла для данной системы, в результате было получено:

- если токи в обмотках соленоидов равны и одинаково направлены (одинаковая направленность токов соответствует противоположной направленности магнитных потоков в пространстве между ними), поле во внутренней полости системы обращается в нуль;
- неизвестная удельная электропроводность металлического листа толщиной d_2 может быть найдена из выражения (2):

$$\gamma_2 \approx \frac{\gamma_1 \cdot d_1}{d_2} \cdot \frac{H_{2m}}{H_{1m}}, \quad (2)$$

где H_{1m} – амплитудное значения напряжённости магнитного поля на граничной поверхности металлического листа $-(d_1, \gamma_1)$ со стороны индуктора 1; H_{2m} – амплитудное значения напряжённости магнитного поля на граничной поверхности металлического листа $-(d_2, \gamma_2)$ со стороны индуктора 2.

2. Способ бесконтактного измерения удельной электропроводности листового ферромагнетика в системе с индукторами, обмотки которых «абсолютно прозрачны» для возбуждаемых магнитных полей. Обмотки индукторов не влияют на характер протекающих электромагнитных процессов.

Измерительный комплекс состоит из параллельно размещённых плоского индуктора – 1, первого немагнитного листового металла (со стороны индуктора – 1), второго листового магнитного металла (со стороны индуктора – 2) и плоского индуктора – 2.

Все составляющие комплекса разделены диэлектрическими промежутками.

Индукторы – 1 и 2 подключаются к отдельным источникам питания.

Варьируя параметры сигналов в обмотках индукторов, можно добиться нулевого поля в пространстве между листами (индикация производится, например, с помощью катушечного индукционного измерителя в центральной полости между листами).

Немагнитный металл является контрольным. Его электропроводность – γ_1 , магнитная проницаемость – $\mu_1 \approx \mu_0$ (μ_0 – магнитная проницаемость вакуума) и толщина –

d_1 известны. Второй листовой металл обладает известной толщиной – d_2 , но неизвестными электропроводностью – γ_2 и магнитной проницаемостью – μ_2 .

После решения поставленной задачи с помощью уравнений Максвелла было получено выражение для определения неизвестной удельной электропроводности ферромагнетика

$$\gamma_2 \approx \frac{\gamma_1 \cdot d_1}{d_2} \cdot \frac{j_{2m}}{j_{1m}} \quad (3)$$

где j_{1m}, j_{2m} – амплитудное значение тока в индукторах 1 и 2, соответственно.

Зависимость (3) говорит о том, что в измерениях электропроводности предлагаемым методом при достаточно низких частотах сигналов в обмотках индукторов магнитные свойства исследуемого образца не оказывают никакого влияния на результаты измерений.

3. Способ бесконтактного измерения удельной электропроводности листового ферромагнетика с помощью «встречных» магнитных полей в системе с индукторами, обмотки которых представляются тонкостенными проводящими слоями, отделяющими собственно систему от свободного полупространства. Данная модель представляется достаточно адекватной реально возможной технической реализации, поскольку позволяет количественно учесть влияние металла обмоток на протекающие электромагнитные процессы и, соответственно, на вид рабочих соотношений для определения неизвестной электропроводности исследуемого образца.

Работоспособность предлагаемого способа зависит от многих факторов. Но обязательным среди них является низкочастотный временной режим, обеспечивающий достаточную «прозрачность» элементов системы для действующих полей, что означает их интенсивное проникновение сквозь листовые металлы и обмотки индукторов.

Основным результатом проведенного анализа является то, что при решении уравнения Максвелла было получено выражение, которое указывает на возможности измерения удельной электропроводности как магнитного, так и немагнитного металла:

$$\gamma_2 \approx \left(\frac{\gamma_1 \cdot d_1}{d_2} \right) \cdot \frac{H_{2m}}{H_{1m}}, \quad (4)$$

где $H_{1,2m}$ – амплитуды напряжённостей магнитного поля в рабочих зонах индукторов.

С практической точки зрения и для полноты теоретического описания рассматриваемой системы представляет интерес соответствующее соотношение между токами в обмотках индукторов.

Если принять, что временные зависимости токов в обмотках индукторов одинаковы, отличны только их амплитуды – $J_{1,2m}$, то

$$\gamma_2 = \left(\frac{\gamma_1 \cdot d_1}{d_2} \right) \cdot \left(\frac{J_{2m}}{J_{1m}} \cdot \left(1 + \frac{\gamma_1 d_1}{\gamma_1 d_1} \right) - \frac{\gamma_1 d_1}{\gamma_1 d_1} \right). \quad (5)$$

где γ_1, d_1 – удельная электропроводность и толщина металла обмотки индукторов, представленными тонкостенными проводящими слоями.

Выводы.

1. Проведен анализ способов бесконтактного измерения удельной электропроводности тонкостенных листовых металлов при магнитно-импульсной обработки металлов (МИОМ)

2. Работа систем с использованием метода «встречных» полей возможна исключительно в низкочастотном режиме возбуждаемых полей, когда имеет место их

интенсивное проникновение сквозь листовые металлы, один из которых является «контрольным образцом» с известными параметрами, а второй – образцом, электропроводность которого определяется.

3. В случае идеально проводящих обмоток индукторов рабочее соотношение для определения удельной электропроводности немагнитных листовых металлов включает напряжённости магнитного поля, возбуждаемого в рабочих зонах индукторов равными и одинаково направленными токами.

4. Метод «встречных» магнитных полей позволяет измерять удельную электропроводность не только немагнитных металлов, но и тонкостенных листовых ферромагнитных образцов, причём в случае «абсолютно прозрачных» обмоток индукторов рабочее соотношение для определения удельной электропроводности включает не напряжённости магнитных полей на внешних границах листовых металлов, а токи, возбуждающие систему.

5. Обоснована практическая действенность конструктивного варианта исполнения реальной измерительной системы:

- с оценкой влияния обмоток индукторов, как тонкостенных экранов, отделяющих измерительную систему от свободного полупространства,
- с выводом рабочих соотношений для определения неизвестной удельной электропроводности тонкостенных листовых металлов,
- с выводом о независимости рабочих соотношений для определения электропроводности от наличия магнитных свойств исследуемого металла, что позволяет измерение электрофизических характеристик проводников любой природы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Малиновский В. Н. Электрические измерения / Под ред. В. Н. Малиновского – М. : Энергоатомиздат, 1987. – 393 с.
2. Тер-Хачатуров А. А. Измерительная техника / А. А. Тер-Хачатуров, Т. М. Алиев – М. : Высшая школа, 1991. – 384 с.
3. Пат. 96335 України, В21 Д 26/14. Спосіб вимірювання питомої електропровідності листових металів / Батигін Ю. В., Гнатов А. В., Смірнов Д. О.; заявник та патентовласник Харківський нац. автом.-дорожн. ун-т. – № а 200913091 заявл. 16.12.2009; опубл. 25.11.2011, Бюл. № 20.
4. Батыгин Ю. В. Магнитное поле в системе из двух соленоидов, разделенных тонкостенными проводниками. / Ю. В. Батыгин, И. И. Щетинская, Л. Т. Хименко // Техническая электродинамика. – К., 1990. – №4.
5. Батыгин Ю. В. Бесконтактный способ измерения удельной электропроводности листовых металлов / Ю. В. Батыгин, А. В. Гнатов, М. В. Барбашова та ін. // Електротехніка і електромеханіка. – Харків, 2012. – №1. – С. 69-72.

ЗАКОНОМІРНОСТІ ВПЛИВУ УЛЬТРАЗВУКОВОЇ ОБРОБКИ НА ВЛАСТИВОСТІ КОМПОЗИТІВ З НАНОДИСПЕРСНИМ НАПОВНЮВАЧЕМ

Букетов А.В., Сапронов О.О., Браїло М.В.,
Херсонська державна морська академія (Україна),

Яцюк В.М.

Науково-дослідний експертно-криміналістичний центр
при УМВС України у Тернопільській області
(Україна)

Актуальність досліджень. Область застосування композитних матеріалів (КМ) на полімерній основі постійно розширюється. Відбувається поступове витіснення класичних конструкційних матеріалів (деревини, сталей, сплавів металів, кераміки) полімерними композитами. Зважаючи на це можна сказати, що КМ на полімерній основі успішно конкурують з класичними конструкційними матеріалами [1].

На сьогоднішній день актуальним завданням в індустрії полімерних матеріалів є пошук нових та вдосконалених шляхів виробництва.

Одним із альтернативних шляхів вирішення цього завдання є модифікування енергетичними полями епоксикомпозитних матеріалів та введення різних за молекулярною структурою нанодисперсних наповнювачів.

Постановка задачі. Відомо [2], що одним з важливих напрямків поліпшення міжфазової взаємодії при структуроутворенні КМ і, як наслідок, підвищення їх фізико-механічних та експлуатаційних характеристик є попередня обробка інгредієнтів композитів зовнішніми енергетичними полями. У цьому плані перспективним є використання УЗО епоксидних композицій до введення твердника, що забезпечує активацію процесів структуроутворення. Проте, одна із проблем, яка виникає при введенні нанодисперсних наповнювачів в епоксидний зв'язувач – це нерівномірне розподілення часток у об'ємі композиції і технологія введення їх у епоксидний олігомери ЕД-20.

Мета роботи - установити оптимальні режими ультразвукової обробки (УЗО) композицій та закономірності поліпшення фізико-механічних властивостей епоксикомпозитних матеріалів, модифікованих нанодисперсним наповнювачем.

Результати досліджень. Попередніми дослідженнями було встановлено, що в'язкість середовища, в яке вводяться наночастки, має велике значення. Нами було доведено, що доцільно вводити частки в менш в'язке середовище із застосуванням УЗО. У такому середовищі процес диспергування за допомогою УЗО, забезпечує як кавітаційні процеси, так і рівномірний розподіл часток у композиції, що в свою чергу зумовлює поліпшення фізико-механічних властивостей матеріалів.

В якості диспергування використовувався метод, заснований на застосуванні ультразвукових коливань. Ультразвукове диспергування композицій відбувається під дією мікроударних хвиль, що зумовлюють виникнення кавітації, яка, у свою чергу, забезпечує максимальний енергетичний вплив як на епоксидний олігомер, так і на епоксидну композицію.

Як основний компонент для зв'язувача при формуванні епоксидних КМ вибрано епоксидний діановий олігомер марки ЕД-20 (ГОСТ 10587-84). В якості наповнювача було використано – нанодисперсний наповнювач спеченого композиту (ННСК), до складу якого входять оліго-елементи, який вводили у зв'язувач при вмісті 0,05 мас.ч. на 100 мас.ч. епоксидного олігомера ЕД-20 (тут і далі за текстом мас. ч. наводяться на 100 мас.ч. епоксидного олігомера ЕД-20).

Адгезійну міцність КМ до металевої основи досліджували, вимірюючи руйнівне напруження («метод грибків») при рівномірному відриві пари склеєних зразків згідно з ГОСТ 14760-69. Залишкові напруження у КМ визначали консольним методом [3].

Визначення оптимальних параметрів і режимів попередньої УЗО композицій (до введення твердника) з ННСК проводили експериментально на автоматизованій ультразвуковій установці УЗДН-А1200Т, а саме дослідженням фізико-механічних властивостей КМ.

Дослідження проводили у два етапи: оптимізували загальний час обробки (τ_3) і тривалості ультразвукового імпульсу (τ_i).

Етап 1. Дослідження впливу загального часу УЗО композиції. Випробування проводили у діапазоні загального часу обробки $\tau_3 = 0,5 - 3,0$ хв. (рис. 1).

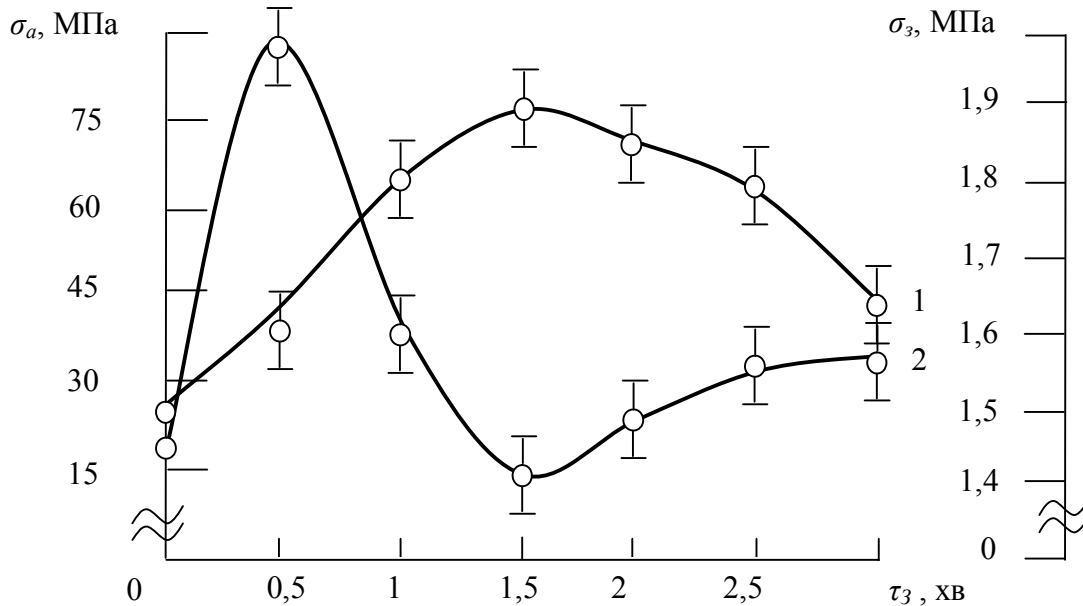


Рисунок 1 – Залежність адгезійної міцності при відриві (σ_a) і залишкових напружень (σ_3) від загального часу (τ_3) УЗО композиції: 1 – адгезійна міцність при відриві (σ_a); 2 – залишкові напруження (σ_3)

Встановлено, що адгезійна міцність вихідної (необробленої ультразвуком) епоксидної матриці становить $\sigma_a = 18,5$ МПа, а залишкові напруження – $\sigma_3 = 2,3$ МПа. Після УЗО адгезійна міцність матриці зростає до $\sigma_a = 24,8$ МПа, а залишкові напруження зменшуються до $\sigma_3 = 1,4$ МПа відповідно. Зазначимо, що УЗО епоксидного зв'язувача проводили до введення твердника упродовж часу $\tau_3 = 1,5 \pm 0,1$ хв. Отже, можна констатувати, що УЗО безпосередньо зв'язувача приводить до покращення фізико-механічних властивостей матриці. Це зумовлено кавітаційними процесами, що забезпечує активацію макромолекул епоксидного олігомера і утворення вільних радикалів. Останні, порівняно з вихідними макромолекулами є мобільнішими до взаємодії при зшиванні, що, у свою чергу, забезпечує підвищення гель-фракції матриці, а, відповідно, і поліпшення її когезійної міцності [2].

Експериментально встановлено, що подальшому введенні у зв'язувач часток наповнювача ННСК за вибраного вмісту ($q = 0,05$ мас.ч.) важливе значення має загальний час УЗО композиції (рис. 1). Максимальне збільшення адгезійної міцності з $\sigma_a = 24,8$ МПа до $\sigma_a = 76,6$ МПа спостерігали після обробки ультразвуком композиції упродовж загального часу $\tau_3 = 1,5$ хв. Додатково нами було з'ясовано, що після УЗО композиція зберігає седиментаційну стійкість. Дані фактори забезпечують не лише поліпшення адгезійних властивостей, але й водночас суттєве зниження залишкових напружень у КМ. На наступному етапі ставили завдання оптимізувати тривалість імпульсу (τ_i) УЗО композиції.

Етап 2. Дослідження впливу тривалості імпульсу УЗО композиції. Випробування проводили у діапазоні тривалості імпульсу обробки $\tau_3 = 3 - 90$ с. (рис.2).

Експериментально встановлено, що важливе значення також має тривалість імпульсу (τ_i) УЗО композиції (рис. 2). Максимальне збільшення адгезійної міцності з $\sigma_a = 24,8$ МПа до $\sigma_a = 76,6$ МПа спостерігали після обробки ультразвуком композиції з тривалістю імпульсу упродовж $\tau_i = 10$ с. Водночас встановлено, що при збільшенні тривалості імпульсу залишкові напруження спочатку зростають (при $\tau_i = 3 \dots 5$ с. вони становлять $\sigma_3 = 1,9 \dots 2,0$ МПа), а потім зменшуються і при тривалості імпульсу $\tau_i = 10 \dots 90$ с. вони становлять $\sigma_3 = 1,5 \dots 1,6$ МПа (рис. 2). Отже, на основі наведених результатів досліджень визначено оптимальну тривалість імпульсу УЗО композиції, яка становить $\tau_i = 10$ с.

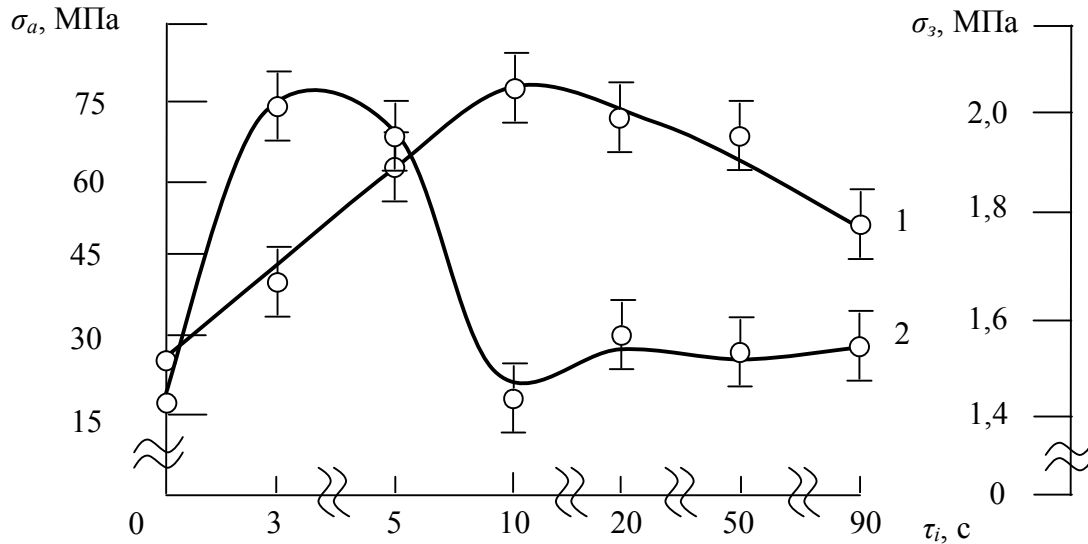


Рисунок 2 – Залежність адгезійної міцності при відриві (σ_a) і залишкових напружень (σ_3) від тривалості імпульсу (τ_i) УЗО композиції: 1 - адгезійна міцність при відриві (σ_a); 2 - залишкові напруження (σ_3)

Висновки. На основі результатів експериментальних досліджень встановлено оптимальний загальний час ультразвукової обробки композиції з частками нанодисперсного наповнювача спеченого композиту (ННСК) $\tau_3 = 1,5 \pm 0,1$ хв. і тривалість імпульсу $\tau_i = 10$ с. При цьому адгезійна міцність композиту з частками ННСК ($q = 0,05$ мас.ч.) становить $\sigma_a = 76,6$ МПа, а залишкові напруження – $\sigma_3 = 1,4$ МПа.

Дослідивши оптимальну технологію ультразвукової обробки композиції з ННСК, в майбутньому планується дослідження різних за молекулярною структурою нанодисперсних наповнювачів (фулерени, нанотрубки, алмаз) та їхнього вмісту, а також проведення ІК та ЕПР спектрального аналізу даних нанокомпозитів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Нарусберг В. Л. Устойчивость и оптимизация оболочек из композитов / В. Л. Нарусберг, Г. А. Тетере. – Рига: Зинатне, 1988. – 299 с.
2. Букетов А. В. Властивості модифікованих ультразвуком епоксипластів / А. В. Букетов, П. Д. Стухляк, І. В. Чихіра. – Тернопіль : Крок, 2011. – 201 с.
3. Корякина М. И. Испытание лакокрасочных материалов и покрытий / М. И. Корякина. – М. : Химия, 1988. – 272 с.

ВПРОВАДЖЕННЯ НОВИХ СТАНДАРТІВ СИСТЕМ ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ – ЕФЕКТИВНИЙ ШЛЯХ ДО УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯМ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

Ваганов О.І.,

Одеська залізниця, Одеська державна академія технічного регулювання та якості
(Україна)

Актуальність. Оптимізація витрат паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) завжди була актуальним завданням на залізничному транспорті України [1].

Згідно [1, 2] основними напрямками роботи з енергозбереження на залізничному транспорті є такі:

1. Скорочення валових і питомих витрат палива і електроенергії на тягу поїздів за рахунок покращення якісних показників використання рухомого складу, зниження рівня «умовних» втрат електроенергії у тяговій мережі, зменшення витрат ПЕР на прогрів тягового рухомого складу, відміни енергоємних обмежень швидкості руху поїздів.

2. Забезпечення збереження палива за рахунок впровадження електронних систем моніторингу наявності та витрат дизпалива типу «БІС-Р» та «Дельта-СУ».

3. Впровадження нового енергоефективного тягового рухомого складу.

4. Зниження витрат природного газу, мазуту, вугілля за рахунок заміни морально та фізично застарілих котлоагрегатів із низьким к.к.д. на сучасні енергоефективні.

5. Зниження рівня витрат електроенергії за рахунок впровадження сучасного енергозберігаючого електроосвітлювального обладнання та автоматичного управління зовнішнім освітленням.

Але, враховуючи сучасні вимоги енергозбереження, необхідно відмітити недостатній рівень впровадження на транспорті нових стандартів систем енергетичного менеджменту, що не потребує значних фінансових втрат [3].

З цієї причини заходи з енергозбереження часто впроваджуються не системно, без детального, якісного енергоаудиту [4].

Результати дослідження. Питання енергозбереження й енергоефективності в сучасних умовах стали умовою стійкої присутності на ринку. Тому спочатку деякі країни (Данія, Швеція, Ірландія, Іспанія, США, Корея), а потім Європейське співтовариство і міжнародна організація зі стандартизації (ISO) почали розроблення стандартів з енергетичного менеджменту, спрямованих на організацію раціонального й оптимального енергоспоживання. [3]

Так, вже підтверджено на практиці, що впровадження стандартів «Системи енергоменеджменту. Вимоги та настанови щодо застосування» (EN 16001:2009, ISO 50001:2011) знижує енерговитрати на 3% на рік протягом перших 5 років з моменту впровадження, а служба енергетичного менеджменту, що ефективно функціонує, вже протягом першого року знижує витрати на енергоресурси не менше ніж на 5 – 6%.

На відміну від технічного «точкового» підходу стандарт ISO 50001 пропонує підхід за рахунок застосування кращої управлінської практики, що дозволяє оптимізувати інвестиційні витрати і практично надає будь-якому підприємству необмежені можливості у сфері енергозбереження за рахунок підвищення ефективності менеджменту

Застосування вимог, включених у ISO 50001:2011, може забезпечити такі комерційні вигоди від впровадження системи енергетичного менеджменту:

– енергетична ефективність діяльності стає зрозумілою для керівництва підприємства, оскільки починається зниження енерговитрат;

– забезпечення більш ефективного використання енергетичних ресурсів та енергоспоживаючого обладнання;

- поліпшення порівняльного аналізу, вимірювання, документування та звітності з підвищення енергоефективності та її прогнозований вплив на зменшення викидів парникових газів;
- прозорість і взаємодія з менеджментом постачальників енергоносіїв;
- впровадження провідної практики енергетичного менеджменту та принципів енергоефективної поведінки;
- оцінення нових енергоефективних технологій і вибір пріоритетів у їхньому застосуванні;
- поширення ідеології енергетичної ефективності на весь ланцюг забезпечення енергоресурсами;
- чітке визначення обов'язків й особистої відповідальності, що дозволяє раціонально управляти наявними ресурсами;
- інтеграція з діючими системами управління якості, екології, охорони праці, безпеки, ланцюга поставок;
- підвищення організаційної стійкості підприємства – зниження ризику непоправного збитку від інцидентів у сфері енергопостачання;
- відповідність критеріям інвесторів й одержання доступу до фінансування.

Знаючи «енергетичний профіль» підприємства, «індикатори енергоефективності» та додавши знання законодавчих вимог у цій сфері, можна розробити по справжньому реальні цілі, завдання та критерії з енергоефективності [3, 4].

Дотримуючись методології цього стандарту необхідно, щоб:

- особи, робота яких може істотно впливати на аспекти енергозбереження, були компетентними виконувати доручені їм завдання;
- були визначені та задоволені потреби персоналу в навченій;
- увесь персонал знав про прийняту на підприємстві «Політику енергозбереження», системи енергетичного менеджменту та про вплив своєї діяльності на аспекти енергозбереження.

Документальне оформлення системи енергетичного менеджменту має бути мінімізоване так, щоб система в цілому та її частини були описані чітко й зрозуміло.

До рекомендованих документів системи енергетичного менеджменту віднесено [1, 3, 4]:

- затверджені «Політика», «Цілі й показники», «Програми»;
- інформація щодо істотних аспектів енергоспоживання;
- документовані процедури обліку енергоспоживання, енергозбереження, внутрішнього аудиту;
- посадові й робочі інструкції;
- перелік законодавчих і нормативних вимог;
- внутрішні й зовнішні стандарти;
- плани на випадок надзвичайних ситуацій.

Висновки. Проведений аналіз основних вимог стандартів енергетичного менеджменту дозволяє зробити наступні висновки:

1. Основна увага керівництва підприємства має бути зосереджена не на комплексній системі управління документами, а на ефективному функціонуванні системи. Необхідно оцінити ті технологічні операції, які пов'язані з істотними аспектами енергозбереження і управляти ними так, щоб максимально виконати вимоги «Політики енергозбереження» і досягти намічених цілей і показників.

2. Як і в будь-якій системі управління, в енергозбереженні слід вести звітність, у якій фіксувати:

- істотні аспекти енергозбереження;
- законодавчі вимоги й установлені нормативи, які підлягають застосуванню;
- процес моніторингу енергозбереження;
- обслуговування, перевірка та контроль вимірювальних приладів;

- інформацію стосовно субпідрядників, які працюють на території підприємства;
- результати інспекції з енергозбереження;
- результати енергоаудиту;
- інформація стосовно ефективності енергозбереження;
- початі коригувальні та попереджувальні дії.

3. У сучасних системах управління необхідно передбачити ефективний інструмент контролю функціонування системи – внутрішній аудит.

4. Доцільно визначити потенційно можливі аварійні ситуації, які можуть призвести до втрати енергоресурсів і розробити заходи (включаючи підготовку персоналу) із ліквідації негативних наслідків таких ситуацій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Сергієнко М. І. Головні напрямки роботи з енергозбереження на «Укрзалізниця» та їх результати // Локомотив-інформ. – 2007. – № 3. – С. 22-25.
2. Котельников А. В. Программа энергосбережения // Железнодорожный транспорт. – 2005. – № 2. – С. 67-68.
3. Ситніченко В., Кісельова Г. Нові стандарти систем енергетичного менеджменту// Стандартизація. Сертифікація. Якість. – 2012. – № 3. – С. 53-58.
4. Гапанович В. А. Приоритеты в сфере энергосбережения и технического регулирования // Железнодорожный транспорт. – 2009. – № 2. – С. 7-10.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ ВНЕШНЕЙ БЕСКОНТАКТНОЙ МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОЙ РИХТОВКИ

Гнатюк А.В.,

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет
(Украина)

Введение. С каждым годом в мире огромными темпами растет количество автомобилей. Украина занимает 65 место в общемировом рейтинге по количеству автомобилей на душу населения, имея показатель в 98 машин на 1000 населения. Но, к сожалению, вместе с ростом количества автотранспортных средств, растет и количество ДТП с их участием, в которых, в той или иной степени, но обязательно повреждаются панели кузовных элементов автомобилей. Поэтому, операции связанные с ремонтом и реставрацией панелей кузовов автомобилей являются весьма актуальными и пользуются все большим спросом. Причем, как показывают статистические данные, до 80% повреждений приходится на небольшие и средние повреждения. Половина из них – это вмятины, не требующие замены всего элемента и устраняемые рихтовкой. Более 50% таких повреждений составляют зоны с затрудненным или полностью закрытым обратным доступом. В этой связи особый интерес представляют методы восстановления кузовов автомобилей, позволяющие производить, так называемую, внешнюю рихтовку без разборки кузовных элементов и нарушения существующего защитного лакокрасочного покрытия [1-3].

Актуальность исследований. Фактически, внедрение магнитно-импульсных технологий в ремонт и восстановление корпусных элементов транспортных средств, привело к появлению совершенно нового направления, которое можно сформулировать, как развитие методов ремонта и восстановления кузовов и корпусов транспортных средств, основанных на использовании энергии электромагнитных полей.

Данные методы обладают рядом преимуществ (в сравнении с традиционными):

- экологическая чистота и ресурсосбережение;
- отсутствие механического контакта с объектом обработки;
- низкая себестоимость оборудования (в сравнении с существующими аналогами);
- возможность удаления вмятин с кузовных панелей транспортных средств с внешней стороны без разборки и демонтажа;
- возможность сохранения защитного покрытия;
- управляемость процессом рихтовки;
- универсальность – возможность использования для других технологических операций (обжим, раздача, штамповка, формовка, и т.п.).

Следует отметить, что при работе с металлом традиционными механическими методами (рихтовка, выдавливание, штамповка и т.п.), металл становится тонким и растягивается. При этом особой деформации подвергается верхний слой металла, что приводит к нарушению самой его структуры. Магнитно-импульсные методы рихтовки лишены перечисленных недостатков, т.к., взаимодействие магнитного поля с индуцированным током (по всей толщине обрабатываемого металла) приводит к вытягиванию металла силами притяжения, которые действуют равномерно по всей его толщине [4].

Цель работы – экспериментальные исследования с практической апробацией новых авторских предложений по внешней бесконтактной магнитно-импульсной рихтовке поврежденных элементов кузовных панелей транспортных средств. Иллюстрация основных технологических операций.

Результаты исследований. Экспериментальные исследования проводились на экспериментальном комплексе для внешней бесконтактной магнитно-импульсной

рихтовки, созданном на базе магнитно-импульсной установки МИУС-2, разработанной в лаборатории электромагнитных технологий ХНАДУ (рис. 1) [5–7].



Рисунок 1 – Экспериментальный комплекс бесконтактной магнитно-импульсной рихтовки

Технологические операции внешней бесконтактной магнитно-импульсной рихтовки можно осветить фотоиллюстрациями проведенных экспериментальных исследований, которые отражены на сайте «Лаборатории электромагнитных технологий» ХНАДУ [6].

Технологические операции внешней бесконтактной магнитно-импульсной рихтовки

1. Сначала производится внешний осмотр поверхности элементов кузова автомобиля на предмет оценки повреждений, как объектов, подлежащих устранению (рис. 2). Геометрические размеры и характер выявленных вмятин определяют уровень и интенсивность необходимого силового воздействия.



Рисунок 2 – Панель двери автомобиля «Ауди» с небольшой вмятиной

2. Определяются границы вмятины и её геометрия, что фиксируется легко стираемым маркером (рис. 3,а).

3. С внешней стороны на поверхности элемента обшивки кузова автомобиля с вмятиной размещается специальная диэлектрическая накладка, назначение которой – это жесткая фиксация рабочей зоны инструмента магнитно-импульсной рихтовки по отношению к внешним границам вмятины, подлежащей устранению (рис. 3, б).

4. Выбирается необходимый уровень энергии, который устанавливается оператором на пульте управления (рис. 4,а).

5. Выбирается необходимое количество разрядных импульсов силового воздействия (рис. 4,б).



Рисунок 3 – Фиксация вмятины на панели двери автомобиля «Ауди»: а – определение граничных размеров; б – размещение над вмятиной диэлектрической наклейки

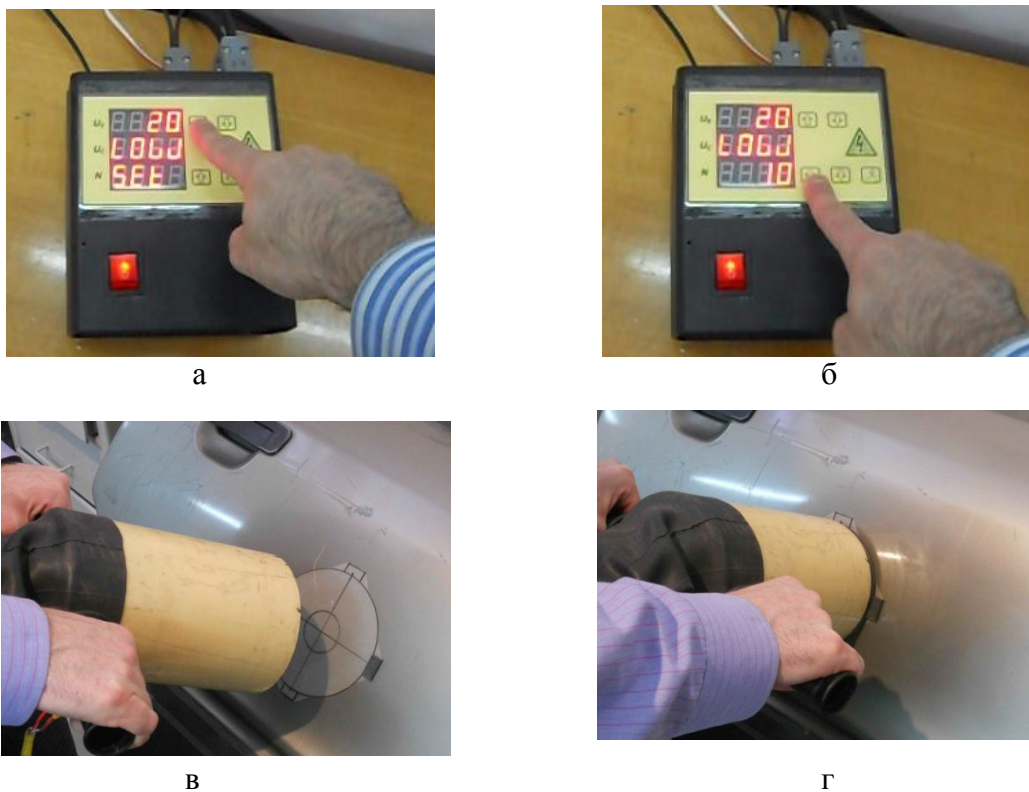


Рисунок 4 – Действия оператора: а – выбор уровня энергии; б – выбор количества разрядных импульсов; в – фиксация инструмента над вмятиной; г – рихтовка вмятины

6. Оператор фиксирует инструмент внешней бесконтактной магнитно-импульсной рихтовки над областью вмятины на кузовном элементе автомобиля (рис. 4,в).

7. Оператор нажатием кнопки приводит систему в действие, производится внешняя бесконтактная магнитно-импульсная рихтовка обшивки кузова автомобиля (рис. 4,г).

8. Возбуждаемые силы притягивают металл обшивки кузова автомобиля в области рабочей зоны инструмента до первоначального уровня ровной поверхности.

9. После проведения операции рихтовки и коррекции инструмент и диэлектрическая наклейка убираются, удаляются нанесенные маркером обозначения (рис. 5).

10. При необходимости, проводится коррекция (доводка) кузовного покрытия.

При необходимости операции внешней бесконтактной магнитно-импульсной рихтовки осуществляют несколько раз до полного восстановления поврежденной поверхности.

Если устраняются несколько вмятин, для каждой из них технологические операции рихтовки осуществляется отдельно согласно выше представленному алгоритму.



Рисунок 5 – Окончание процесса магнитно-импульсной рихтовки: а – удаление маркерных обозначений; б – элемент кузова автомобиля после рихтовки

Выводы.

1. Магнитно-импульсные методы позволяют практически реализовать ремонт и реставрацию кузовов автотранспортных средств с внешней стороны повреждённой поверхности без каких-либо механических контактов.
2. Показана всё возрастающая актуальность и перспективность внедрения магнитно-импульсных технологий в методы и способы ремонта и восстановления корпусных и кузовных элементов транспортных средств.
3. Сформулировано совершенно новое направление в эксплуатации и ремонте транспортных средств – развитие методов ремонта и восстановления кузовов и корпусов транспортных средств, основанных на использовании энергии электромагнитных полей.
4. Проведенные эксперименты позволили подробно раскрыть и наглядно проиллюстрировать технологические операции бесконтактной магнитно-импульсной рихтовки панелей кузовных элементов автомобиля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Туренко А. Н. Импульсные магнитные поля для прогрессивных технологий. Том 3. Теория и эксперимент притяжения тонкостенных металлов импульсными магнитными полями / Туренко А. Н., Батыгин Ю. В., Гнатов А. В.; монография. – Харьков: ХНАДУ, 2009. – 240 с.
2. Батыгин Ю. В. Притяжение тонкостенных металлических листов магнитным полем одновиткового индуктора / Ю. В. Батыгин, А. В. Гнатов, С. А. Щиголева // Электричество. – М., 2011. – № 4. – С. 55-62.
3. Гнатов А. В. Импульсные магнитные поля для прогрессивных технологий. Магнитно-импульсные технологии бесконтактной рихтовки кузовных элементов автомобиля: монография / А. В. Гнатов, Ю. В. Батыгин, Е. А. Чаплыгин. – Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012 – 242 с.
4. Кузовные работы : [пособие по самостоятельному ремонту. Цветные фотографии]. – Днепропетровск : Монолит, 2011. – 164 с.
5. Гнатов А. В. Прогрессивные магнитно-импульсные технологии на транспорте / А. В. Гнатов // Науковий вісник ХДМІ. – Херсон : Видавництво ХДМІ, 2011. – № 1(4). – С. 147-156.
6. Лаборатория электромагнитных технологий // Материалы сайта, 2012. – Режим доступа: <http://electromagnetic.comoj.com>.
7. Бесконтактная внешняя магнитно-импульсная рихтовка автомобильных кузовов // Сборник трудов XV международной научно-технической конференции [«Автомобильный транспорт: проблемы и перспективы.», (Севастополь, 10-17 сентября 2012 г.) / А. В. Гнатов – Севастополь : Вестник СевНТУ, 2012. – В. 134. – С. 131-134.

ОЦЕНКА ЭКСЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ УТИЛИЗАТОРОВ ТЕПЛОТЫ ОТРАБОТАННЫХ ГАЗОВ В КОГЕНЕРАЦИОННЫХ УСТАНОВКАХ НА БАЗЕ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Горобец В.Г., Богдан Ю.А.,

Киевская государственная академия водного транспорта имени
гетмана Петра Конашевича-Сагайдачного
(Украина)

Актуальность. Когенерационные технологии нашли широкое применение в энергетических установках на базе двигателей внутреннего сгорания (ДВС), применение которых позволяет повысить эффективность работы таких установок. Когенерация представляет собой способ синхронной выработки механической (или электрической) и тепловой энергии от первичного источника энергии с одной энергетической установки. При этом для получения тепловой энергии используются вторичные энергоресурсы (ВЭР) ДВС, а именно, теплота отработанных газов, теплота воды системы охлаждения, теплота масла системы смазки, теплота нагретого воздуха системы тербонадува двигателей. Конструктивные схемы исполнения когенерационных установок могут быть различными. В данной работе рассматривается КГУ на базе ДВС с утилизатором теплоты отработанных газов (ОГ). ОГ имеют наибольший энергетический потенциал среди ВЭР, на их долю приходится около 20-40 % от всего количества теплоты, выделяемой при сгорании топлива. Использование этого тепла позволяет существенно повысить эффективность КГУ в целом, а также уменьшить негативные влияния ОГ на окружающую среду, связанное с уменьшением выбросов вредных веществ.

Результаты исследования. При традиционном подходе эффективность утилизатора теплоты оценивается с использованием энергетического (первый закон термодинамики) и энтропийного (второй закон термодинамики) методов термодинамического анализа. В указанных подходах не учитываются потери неэнтропийного характера (например, потери на гидравлическое и газодинамическое сопротивление) и применение традиционных методов не позволяет выполнить комплексную оценку устройства в целом, учитывающие эти факторы.

С учетом вышесказанного целесообразно проводить оценку эффективности утилизатора теплоты с помощью эксергетического метода, который базируется на двух законах термодинамики и позволяет оценить степень обратимости термодинамических процессов в утилизаторе теплоты с учетом всех видов энергетических потерь, которые зависят от температурных уровней теплоносителей и параметров состояния окружающей среды.

При расчете эксергетической эффективности утилизаторов теплоты ОГ необходимо принимать во внимание следующие факторы:

1. При значительном охлаждении ОГ уменьшается температурный напор, что приводит к увеличению поверхности нагрева утилизационного устройства, что, в свою очередь, увеличивает газодинамическое сопротивление выпускного тракта.
2. Уровень снижения температуры охлаждения ОГ ограничен порогом, при котором происходит конденсация водяных паров, содержащих компоненты серной кислоты, которые вызывают коррозию выпускного трубопровода.
3. Потери, обусловленные необратимостью процесса теплопередачи.
4. Гидравлические и газодинамические потери.
5. Потери при теплообмене с окружающей средой.

6. Потери за счет теплопроводности вдоль ТА (учет неизотермичности поверхности).

Выводы. В работе проведен эксергетический расчет утилизатора теплоты ОГ ДВС, выполненного в виде кожухотрубного теплообменного аппарата, в котором охлаждающей средой является пресная вода, а также изложены основные принципы его конструктивного исполнения. В результате определены эксергетические потери и эффективность утилизатора теплоты ОГ, что позволяет оценить степень его совершенства и показывает пути повышения его эффективности за счет уменьшения эксергетических потерь с учетом условий эксплуатации, технико-экономических и экологических факторов.

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ СЖИГАНИЯ ТОПЛИВА ПРИ РАБОТЕ КОТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ НА ЧАСТИЧНЫХ РЕЖИМАХ

Дулдиер А.П.,

Одесская национальная морская академия
(Украина)

Актуальность исследования. Одним из требований к системам управления судовыми котельными установками является поддержание необходимой эффективности процесса горения, особенно на частичных нагрузках.

Основная часть времени работы главных и вспомогательных котлов приходится на долевые режимы, при которых условия горения существенно отличаются от проектных.

Как известно, условия горения определяют объем вредных выбросов в продуктах сгорания (в том числе сажи - дым), содержание которых по экологическим требованиям не должно превышать доли процента от расхода топлива, что соответствует $q_3 < 1\%$ потерь от химического недожога [1, С. 74].

Результаты исследования. Потери от химического недожога определяются экспериментально при доводке систем управления котельных установок на приемосдаточных испытаниях судна (достигается её приемлемое значение).

В тоже время, в эксплуатационных условиях не существует надежных методов контроля процесса, позволяющих корректировать условия горения топлива.

В соответствии с полученными данными современных исследований установлено, что качество процесса горения зависит от условий:

- смещения топлива и воздуха в основных областях зоны горения (рециркуляции, диффузионного турбулентного горения и т.д.);
- распыла и скорости испарения капель жидкого топлива.

Именно эти процессы определяет условия, которые приводят к отклонению процесса от термодинамического равновесия и низким значениям температуры горения.

Очевидно, что для нормальной работы котельной установки во всем диапазоне нагрузок, необходимо обеспечить контроль вышеперечисленных условий протекания процесса горения.

Основное требование к таким системам контроля состоит в том, чтобы совместить управление подачей топлива и воздуха в область горения для обеспечения максимальной эффективности топочного устройства при достаточном запасе устойчивости режимов.

Выводы. В результате проведенных исследований эффективности процесса горения в топочном устройстве с ротационной форсункой ТМЗ [2] получены следующие результаты:

значение коэффициента избытка воздуха, на который была настроена система управления при постройке судна, в зоне частичных нагрузок увеличивает тепловые потери от химического недожога до 5%, что в свою очередь увеличивает расход топлива на ~ 3 -5%;

температура подогрева топлива неоднозначно влияет на условия протекания процесса горения (при этом появляется вероятность возникновения неустойчивого режима горения);

характер нагрузок неоднозначно влияет на изменение химического недожога, влияние которых следует разграничивать;

при изменении режима качественно изменяется зависимость тепловых потерь от химического недожога, особенно на малых нагрузках, что связано с изменением условий протекания процесса горения;

основная причина неудовлетворительной работы существующих систем управления сжиганием топлива – их многомерность, при которой наблюдается

одновременное взаимодействие нескольких взаимосвязанных параметров. При этом все настроечные параметры оказывают существенное влияние на состояние всего процесса, и их воздействие проявляется во всех выходных параметрах объекта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Павлов В. А., Штейнер И. Н. Условия оптимизации процессов сжигания жидкого топлива и газа в энергетических и промышленных установках. – Л. : Энергоатомиздат. ленингр. отд-ние, 1984. – 120 с.
2. Дулдиер А. П. Экспериментальное исследование режимов горения во вспомогательной котельной установке KW-100 // Судовые энергетические установки : науч.-техн. сб. – Вып. 11. – Одесса: ОНМА, 2004. – С. 100-106.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ РАБОТЫ УПРАВЛЯЕМОГО ВЫПРЯМИТЕЛЯ В СЕТИ ОГРАНИЧЕННОЙ МОЩНОСТИ

Жиленков А.А.,

Керченский государственный морской технологический университет
(Украина)

Актуальность исследования. Известно, что управляемый выпрямитель (УВ) генерирует со стороны питающей сети длинный спектр гармоник, вызывающий появление существенных искажений в форме токов и напряжений. В синхронных многоканальных системах импульсно-фазового управления (СИФУ) с фазосдвигающим устройством (ФСУ) вертикального типа опорные напряжения генерируются непосредственно из сетевых напряжений и, таким образом, вносимые искажения также изменяют формы опорных напряжений и смещают моменты их синхронизации. В частности, возникает обратная связь со стороны выпрямленного тока через СИФУ и начинает наблюдаться явление «гармонической неустойчивости». Особенно сильно этот эффект наблюдается в случаях, когда мощность нагрузки УВ соизмерима с мощностью источника питающего УВ, что полностью соответствует случаю судовой электростанции (СЭС). Синхронные СИФУ, в которых для задания угла управления используются интегралы от сетевых линейных напряжений на определенных их отрезках, относясь к инвариантным, позволяют компенсировать низкочастотные возмущения в сети. Если помеха присутствует на интервале интегрирования до момента формирования фактического угла управления, она будет запомнена интегратором и даст ошибку в угле α .

Результаты исследования. Рассмотрены динамические свойства УВ с СИФУ в режимах малых отклонений от стационарного состояния на основе динамической модели УВ. Сигнал обратной связи по напряжению u_e , поступающий с выхода УВ, будет иметь вид δ -импульсов, которые поступают на интегратор и тогда, в каждый текущий момент квантования, необходимо учитывать предыдущий δ -импульс напряжения, так как при его появлении площадь этого импульса будет «запомнена» на интеграторе. Если эти импульсы обусловлены только изменениями параметров энергии на выходе УВ, то δ -импульсы должны учитываться, только если они поступают за время интегрирования. Если же в замкнутой системе присутствуют несколько УВ, то необходимо учитывать перекрестные помехи, вносимые каждым из них в опорное напряжение (общее для всех УВ), и это существенно усложняет задачу, тем более, если необходимо учитывать наличие случайных помех в питающей сети, из напряжений которой и формируются опорные напряжения.

Для упрощения анализа было принято, что управление УВ происходит только по каналу задатчика. Так как нас интересует влияние возмущающего воздействия в сигнале опорного напряжения на момент $u_{оп} = u_3$, то мы можем перенести отклонение Δu_e на Δu_3 , тогда, изменение угла управления будет описываться выражением (1), откуда следует (2).

$$\Delta\Theta(z) = \frac{z-1}{z-M} \left[\Delta u_3^*(z, -0) - \left(\frac{du_3^*}{d\psi} \right)_- \Delta\Theta(z) \right]; \quad (1)$$

$$\Delta\Theta(z) = \frac{z}{z-M} \Delta u_3^*(z, -0) \quad (2)$$

То есть, считаем, что первое возмущающее воздействие пришло сигналом Δu_3 . Наша задача выяснить при каком возмущающем воздействии исследуемая система потеряет устойчивость.

Видно, что при $\left(\frac{du_3^*}{d\psi}\right)_- > 0$ СИФУ становится аperiodическим звеном с постоянной времени $T_a = T / \ln(1/M)$.

При $\left(\frac{du_3^*}{d\psi}\right)_- < 0$, СИФУ превращается в звено с отрицательным самовыравниванием. При $\left(\frac{du_3^*}{d\psi}\right)_- = 0$, СИФУ превращается в астатическое звено.

Учитывая, что при $\left(\frac{du_3^*}{d\psi}\right)_- > 0$ СИФУ становится аperiodическим звеном, можем сделать

вывод, что помеха на входе СИФУ при $\left(\frac{du_3^*}{d\psi}\right)_- > 0$ воздействует на СИФУ таким образом,

что оно становится статическим звеном. Физически рассмотренный случай отклонения угла управления соответствует приходу помехи к узлу сравнения СИФУ УВ со стороны проинтегрированного опорного напряжения, либо со стороны задающего сигнала. В общем случае можно считать, что рассматриваемый в первом периоде квантования

случайный импульс с характеристикой $\left(\frac{du_3^*}{d\psi}\right)_-$ в дальнейшем заменяется на

сгенерированный им сигнал $\left(\frac{du_{oc}^*}{d\psi}\right)_-$ обратной связи.

Выводы. Таким образом, мы определили критерии, по которым возможно оценить степень воздействия данной помехи на устойчивость УВ. Оценку устойчивости рассматриваемой системы можно производить как по мере воздействия выходного сигнала УВ через конструктивно учтенную обратную связь (обратная связь по току на выходе УВ, по скорости объекта управления и т.п.), так и по воздействию отклонения угла управления СИФУ на питающую УВ сеть, что приводит к новому отклонению угла и, соответственно, к дополнительным искажениям в питающей сети и т.д.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бондаренко В. М. Методы и алгоритмы анализа статических и динамических режимов нелинейных цепей. – К., 1974. – 105 с.
2. Глухивский Л. И. Расчет периодических процессов электротехнических устройств. – Львов : Вища школа, 1984. – 164 с.
3. Мерабишвили П. Ф., Случанко Е. И. Исследование переходных и установившихся процессов в трехфазных мостовых выпрямителях с помощью коммутационных функций // Электричество. – 1973. – № 4. – С. 21-26.
4. Шейнихович В. В., Климанов О. Н., Пайкин Ю. И., Зубарев Ю. Я. Качество электрической энергии на судах : Справочник. – КЗО-Л. : Судостроение, 1988. – 160 с.

ТРИБОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ КОМБІНОВАНИХ ЕЛЕКТРОМЕТАЛІЗАЦІЙНО-ПЛАЗМОЕЛЕКТРОЛІТНИХ ПОКРИТТІВ

Імбирович Н.Ю.,

Луцький національний технічний університет (Україна),

Кланків М.Д.,

Фізико-механічний інститут ім. Г.В.Карпенка НАН України (Україна, м. Львів),

Повстяной О.Ю., Зайчук Н.П.,

Луцький національний технічний університет
(Україна)

Вступ. З підвищенням робочих швидкостей, тиску, температур, агресивності середовищ, посилювання умов для роботи сучасного виробництва, збільшується й інтенсивність зношування, корозії й інших видів пошкодження поверхні металу деталей і механізмів, що контактують з оброблюваними матеріалами і зношуючими середовищами.

Високим сучасним вимогам захисту деталей відповідає плазмоелектролітне оксидування поверхні металу. В результаті синтезуються на поверхні високотемпературні оксидокерамічні покриття, які характеризуються високими фізико-механічними властивостями [1, 2]. Однак, обмежує використання таких покриттів те, що їх можна синтезувати лише на вентильних металах.

Однак, сучасні технології дозволяють отримувати покриття комбінованого складу, багат шарові, з індивідуальними фізико-механічними, хімічними та трибологічними властивостями. Для масового застосування з точки зору надійності технологій, матеріальних і енергетичних затрат найбільш привабливими є технології газотермічного напилення і плазмоелектролітного оксидування [3-5]. Тому на поверхню деталі спочатку було напилено покриття складу Д16, після чого отриману деталь з напиленим покриттям синтезували в лужному електроліті в плазмі іскрових розрядів.

Результати дослідження. В даній роботі було досліджено мікроструктуру, товщину та мікротвердість комбінованого металооксидного покриття, нанесеного на втулку, спресовану з порошку ШХ15+графіт+мідь та зносостійкість такого покриття, нанесеного на ролик зі сталі 40Х.

Твердість електрометалізаційно-плазмоелектролітного (металооксидного) покриття досліджували на мікротвердомірі ПМТ-3, а трибологічні дослідження проводили за схемою випробувань «диск-колодка» на установці СМЦ-2 при контактних навантаженнях від 2 до 14 МПа з комп'ютерним записом даних з кроком 0,02 с.

Мікроструктурні дослідження показали, що комбіновані металооксидні покриття характеризуються типовою мікроструктурою з трьома чітко вираженими областями: верхній пористий шар, широка область практично безпористого покриття та тонкий проміжний шар на границі контакту з алюмінієвою основою або з алюмінієвим напиленим покриттям.

Важливою характеристикою покриття є його товщина. Експериментально встановлено, що товщина комбінованого покриття становить 100...110 мкм, причому товщина проміжного електрометалізаційного покриття приблизно в 2,5 рази більша від товщини синтезованої оксидокераміки.

Дослідження на мікротвердість показали, що оксидокерамічне покриття, яке складається з високотемпературного Al_2O_3 досягає максимального значення мікротвердості 10 ГПа.

Зносостійкість оксидокерамічного шару, синтезованого як на сплаві Д16, так і на ЕДП із суцільного дроту Д16, є досить високою (рис. 1).

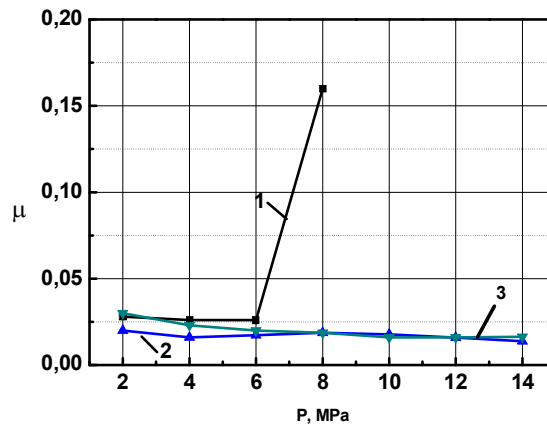


Рисунок 1 – Залежність коефіцієнта тертя від навантаження в парах тертя:
1 – сталь 40Х-сталь 45; 2 – оксидокерамічне покриття на Д16-сталь 45; 3 – оксидокерамічне покриття на електродуговому покритті з дроту Д16 – сталь 45

Висновки. Очевидно, що високі значення зносостійкості комбінованих металооксидних покриттів задає саме верхній шар такого покриття. Це можна пояснити найбільшим вмістом у ньому α - Al_2O_3 фази

ЛІТЕРАТУРА

1. Клапків М., Посувайло В., Стельмахович Б., Повстяна Н., Остап'юк С. Фазовий склад плазмoeлектрохімічних оксидокерамічних покривів // Фізико-хімічна механіка матеріалів : спец. вип. – 2006. – Т. 5. – С.750-755.
2. Клапків М. Д., Посувайло В. М., Бассараб А. І. Фізико-механічний інститут ім. Карпенка Г.В. НАН України. Зносотривкість та корозійні характеристики конверсійних покриттів в умовах близьких до експлуатаційних «Эффективность реализации научного, ресурсного и промышленного потенциала в современных условиях» // Материалы Шестой ежегодной Промышленной конференции с международным участием и блиц-выставки, (20-24 февраля 2006 г., п. Славское) – С. 235-238.
3. Хасуи А., Моригаки О. Наплавка и напыление. – М. : Машиностроение, 1985. – 240 с.
4. Ивашко В. С., Куприянов И. Л., Шевцов А. И. Электротермическая технология нанесения защитных покрытий. – Минск : Наука и техника, 1996. – 375 с.
5. Електродугові відновні та захисні покриття / В. І. Похмурський, М. М. Студент, В. М. Довгунік, Г. В. Похмурська, І. Й. Сидорак. – Львів : Вид. ФМІ НАН України, 2005. – 192 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ТЕПЛООБМІН В ЕЛЕМЕНТАХ ТЕРМОАКУСТИЧНИХ АПАРАТІВ

Коробко В.В.,

Національний університет кораблебудування імені адмірала С.О. Макарова
(Україна, м. Миколаїв)

Вступ. Аналізуючи сучасні енергогенеруючі технології можна зробити висновок, що існує певний брак у теплових машинах (ТМ) «малої» потужності, які здатні ефективно працювати споживаючи низько потенційні вторинні та відновлювальні теплові ресурси. Термоакустичні апарати (ТАА) – двигуни (ТАД) і рефрижератори – є відносно новим типом ТМ, що дають можливість створювати різноманітні ефективні рішення. Однак, існуючі конструкції сучасних ТАА мають малу питому потужність та відповідно великі габарити.

Мета роботи. В роботі розглянуті особливості процесів теплообміну в елементах ТАА, показаний вплив цих чинників на продуктивність термоакустичних апаратів та їх ефективність. Завдяки чому, визначені пріоритетні напрямки подальших досліджень.

Постановка задачі. Термоакустичні ТМ суттєво відрізняються від традиційних ТМ відсутністю будь яких рухомих механічних елементів. Газове середовище в резонаторах ТАА виконує функції механізму, що переносить механічну енергію, та робочого тіла, що забезпечує теплообмін у термоакустичних процесах. Аналіз конструкції існуючих ТАА дозволяє зробити припущення, що інтенсивність процесів теплообміну є обмежуючим фактором, який лімітує можливу енергонасиченість ТАА. Дослідження особливостей теплообміну в елементах ТАА є метою цієї роботи.

Результати досліджень. Важливий елемент ТАА – це блок теплообмінників, сукупність матриці (регенератора або стеку), котра розташована між нагрівачем та охолоджувачем, які забезпечують в матриці необхідний повздовжній температурний градієнт (рис. 1) [1, 2].

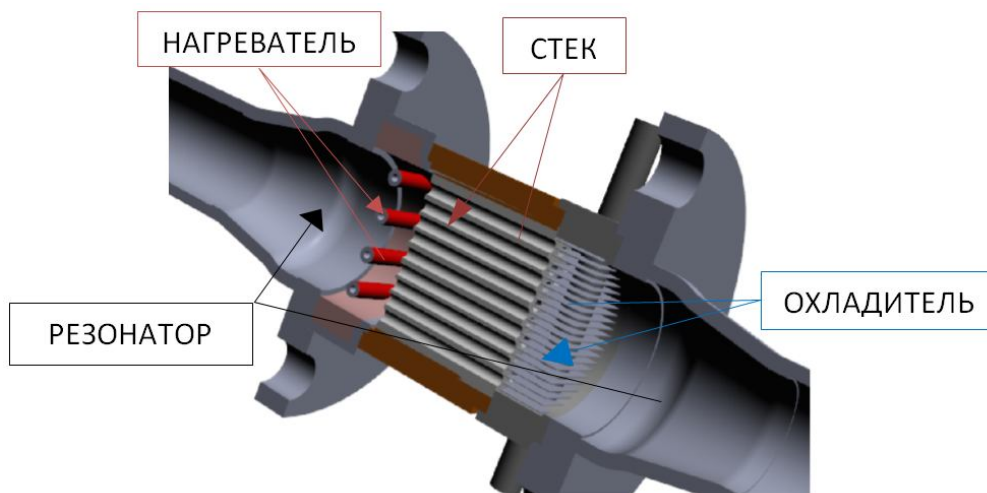


Рисунок 1 – Термоакустичний апарат, загальна схема

Регенератор (стек) – це компактна матриця з розвиненою поверхню. Саме в регенераторі відбуваються процеси термоакустичних перетворень, що впливають на ефективність ТАА.

В стеку частина теплової енергії витрачається на «розкачку» термоакустичної ТМ, частина енергії втрачається з повздовжньою теплопровідністю, в'язкісними ефектами, тощо. Ці процеси є складними і потребують окремих досліджень, тому зараз не розглядаються.

На рис. 2 показаний повздовжній розподіл температури регенераторі ТАД. З моменту подачі енергії $t=0$ до нагрівача в стеку формується температурний градієнт. В момент часу $t=100$ температурний градієнт перевищує критичний рівень в ТАА виникають акустичні коливання, а температурний розподіл в регенераторі набуває стаціонарного вигляду.

Температура гарячої сторони регенератору сягає максимуму в момент старту ТАД, а потім знижується приблизно на $40^{\circ}\text{C} - 50^{\circ}\text{C}$ в порівнянні з моментом старту. Ця картина типова для ТАД, що підтверджено багатьма дослідниками. Такі зміни температури в регенераторі можна пояснити дією різних факторів, а саме:

- малою потужністю (теплоємністю) нагрівача для цього регенератору;
- низькою інтенсивністю теплообміну між нагрівачем та регенератором.

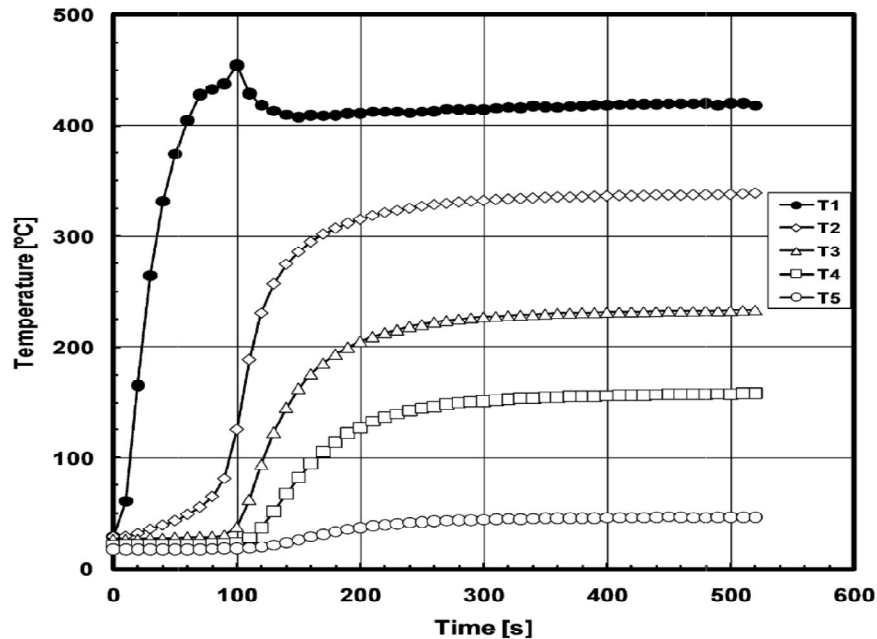


Рисунок 2 – Розподіл температури повздовж керамічного стеку [3]

Характер зміни температури холодної сторони регенератору свідчить, що і там маємо ту ж проблему, але температурна різниця відносно охолоджувача менша. Отже, ми бачимо, що брак теплових потоків між теплообмінниками ТАД та регенератором є суттєвим фактором, що визначає умови роботи ТАД та його можливу потужність.

В [1,2] доведено, що тепла енергія підведена до стеку становить

$$Q_{TAD}^{HEX} = \frac{1}{4} \Pi \delta_k \frac{\beta T_m p_1 u_s}{(1 + Pr)(1 + \varepsilon_s) \Lambda} \left(\Gamma \frac{1 + Pr^{1/2} + Pr(1 + \varepsilon_s)}{1 + Pr^{1/2}} - \left(1 + Pr^{1/2} - \frac{\delta_v}{y_0} \right) \right) - \Pi (y_0 k + L k_s) \frac{dT_m}{dx}; \quad (1)$$

і забезпечує отримання акустичної потужності від ТАД

$$W_{TAD} = \left(\frac{1}{4} \Pi \delta_k L_s (\gamma - 1) \overline{\omega} (p_{s1})^2 / \rho_m a^2 (1 + \varepsilon_s) \right) \left(\Gamma / \left(1 + Pr^{1/2} \right) \Lambda - 1 \right) - \frac{1}{4} \Pi \delta_v L_s \frac{\omega \rho_m u_{s1}^2}{\Lambda} \quad (2)$$

Π, L – периметр та довжина стеку; T_m, p_m, ρ_m, c_p – теплофізичні параметри, відповідно – середня температура, тиск, щільність, теплоємність. $\delta_s = \sqrt{2\lambda_s / \rho_s c_s \omega}$ – товщина термічного граничного шару в матеріалі стеку; $\delta_k = \sqrt{2\lambda_k / \rho_m c_p \omega}$ – товщина термічного граничного шару в газі, що контактує з стінкою; $\delta_v = \sqrt{2\nu / \omega}$ – величина в'язкісного пограничного шару; $\Lambda = 1 - \delta_v / y_0 + \delta_v^2 / 2y_0^2$ – масштабний фактор; $\nabla T_{crit} = p_1 \omega / \rho_m c_p u_s$ – критичний температурний градієнт, $\Gamma = \nabla T_m / T_{crit}$ – нормалізований градієнт температури.

В цих виразах, нажаль, в явному вигляді відсутні параметри що характеризують наявні механізми теплообміну.

В елементах ТАД присутній процес складного теплообміну з різними механізмами теплопередачі (рис.3). Маючи це на увазі, можемо записати, що

$$Q_{TAD}^{HEX} = Q_{conv} + Q_{cond} + Q_{rad} \quad (3)$$

Радіаційна складова має значення підчас розігріву стеку, коли є суттєва різниця

$$Q_{rad} = \varepsilon_{np} C_{np} F \left[\left(T_{HEX}^{hot} / 100 \right)^4 - \left(T_{REG}^{hot} / 100 \right)^4 \right] \quad (4)$$

між температурами поверхонь, тому в стаціонарних режимах її впливом можна зневажати.

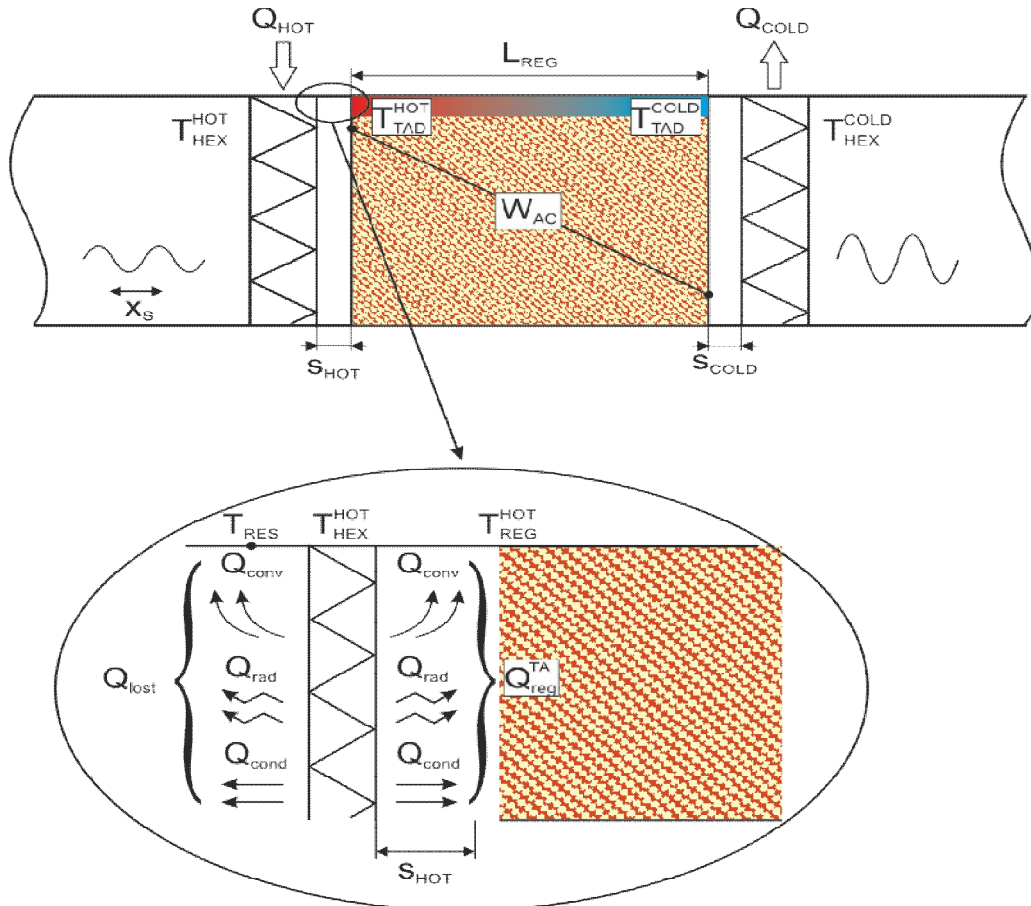


Рисунок 3 – Умовна схема процесів теплообміну в ТАА [4]

Закон Фур'є встановлює тепловий потік від теплопровідності. В ТАА немає щільного

$$Q_{cond} = \lambda F \left(T_{HEX}^{surf} - T_{reg} \right) / \delta \quad (5)$$

контакту між теплообмінниками та регенератором. Тому вважати цей механізм як вирішальний, що до розігріву стеку, недоцільно.

Істотний вплив на роботу ТАД має конвекційна частка теплового потоку

$$Q_{conv} = \alpha_{np} F_{HEX} (T_{surf} - T_m) \approx Q_{nat} + Q_{fors} \quad (6)$$

В свою чергу, конвекційний теплообмін поділяється на дві складові – свободну та вимушену. Взаємодія цих механізмів складна і залежить від багатьох факторів – температурних напорів, величини зазорів, їх форми та просторової орієнтації ТАА. В CFD комплексі Flow vision 2.3 були модельовані термоконвективні процеси, що розвиваються в

ТАД під час його запуску. Показано, що навіть за умов низьких температур нагрівача (150°C – 200°C), термоконвективні течії на етапі пуску набувають значної інтенсивності (рис. 3) [4].

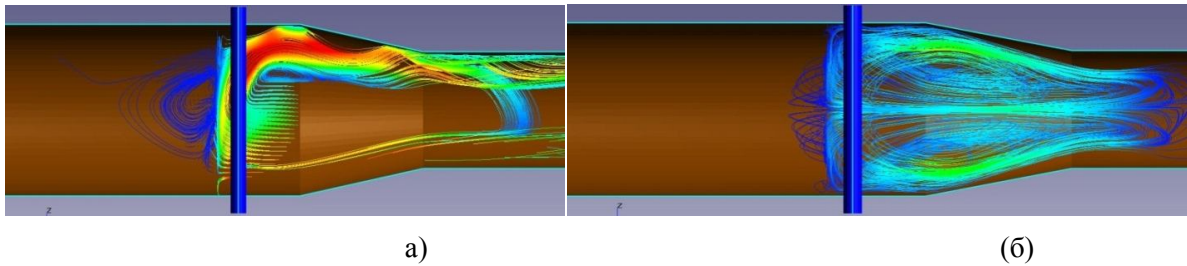


Рисунок 3 – Термоконвективні течії в резонаторі при вертикальній (а) та горизонтальній (б) орієнтаціях ТАД

Суттєвою особливістю ТАА є гідродинаміка робочого середовища, а саме – наявність лише пульсуючого руху газу з частотою 100-200 Гц. Отже, ці пульсації являють собою єдиний дієвий гідродинамічний механізм, що сприяє розвитку вимушеного конвекційного теплообміну. Амплітудні значення коливальних зміщень часток робочої рідини та швидкості руху цих часток в акустичній хвилі визначають як $\xi_s = P_s / \omega \rho C$ та $u_s = P_s / \rho C$ [5]. Процеси теплообміну та гідромеханічні явища в умовах потужних акустичних пульсацій ($P_s = 4000$ Па – 7000) з робочою частотою 100-200 Гц мало досліджені.

На рис. 4 показані результати моделювання теплообміну в щілинних каналах теплообмінника при наявності потужної акустичної хвилі. Можна бачити, що коливний рух теплоносія, відносно положення рівноваги, суттєво ускладнює умови для теплообміну. Безпосередньо, в об'ємі теплообмінної поверхні формується умовна застійна зона. Наявність регенератору, що має значний гідравлічний опір, сприяє виносу розігрітого теплоносія в протилежну від нього сторону до порожнини резонатору, що є не бажаним явищем, тому що сприяє зростанню теплових втрат та зниженню загальної ефективності ТАА.

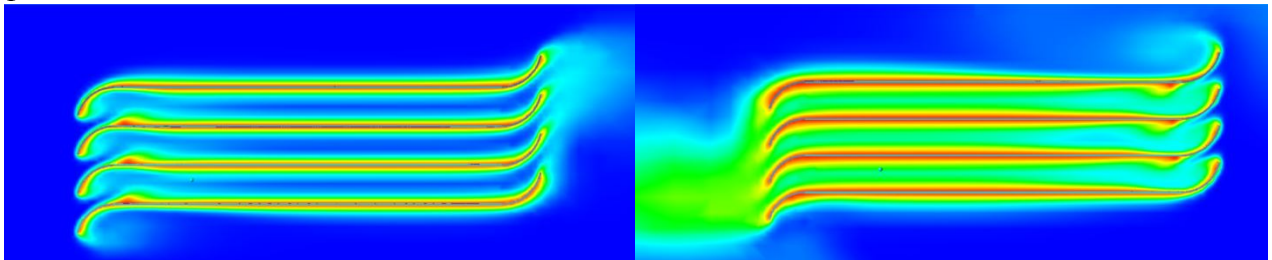


Рисунок 4 – Температурні поля в щілинних каналах за умов акустичних пульсацій

Цілком вірогідно, що саме з цими ефектами пов'язані процеси, що наведені на рис. 2. Вважаючи на це, доцільно передбачити відповідні конструктивні заходи, що інтенсифікують перенос теплоти та спрямують його безпосередньо до регенератору ТАА.

Висновки.

- інтенсивність теплообміну між стеком (регенератором) та теплообмінниками визначають продуктивність термоакустичних перетворень в елементах ТАА;
- в резонаторах ТАА існують умови для виникнення потужних вторинних термоконвективних течій, що сприяють зростанню небажаних втрат теплової енергії;
- результати CFD моделювання теплообміну в гармонійно пульсуючому середовищі свідчать, що коливний рух, зумовлений потужною акустичною хвилею, може створювати застійні зони в каналах теплообмінників ТАА, що приводить до небажаних наслідків;

– вдосконалення геометрії резонаторів та впровадження гідродинамічно раціональних методів інтенсифікації процесів теплопереносу є необхідними умовами для створення ефективних ТАА, та технологічних схем на їх основі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Swift G. W. Thermoacoustic: A unifying perspective for some engines and refrigerators / G.W. Swift // American Institute of Physics. – 2002. – 300 p.
2. Swift G. W. Thermoacoustic Engines / G.W. Swift // Journal of the Acoustical Society of America. – Vol. 84, No. 4, 1988. – P. 1145-1180.
3. Abduljalil Abdulrahman S. Experimental testing of the flow resistance and thermal conductivity of porous materials for regenerators / Abdulrahman S. Abduljalil, Zhibin Yu, Artur J. Jaworski // Proceedings of 23rd IIR International Congress of Refrigeration, vol. 32, 2011. – pp. 217-228.
4. Коробко В. В. Аналіз механізмів переносу теплоти в елементах термоакустичних апаратів [Електронний ресурс] / В. В. Коробко, Є.І. Трушляков // Матеріали III міжнародної конференції «Інновації в суднобудуванні та океанотехніці». – НУК, Україна. – Режим доступу: <http://goo.gl/R9rIV>.
5. Коробко В. В. Особенности теплофизических процессов в термоакустических тепловых машинах [Електронний ресурс] / В.В. Коробко // Вестник НУК. – 2011. – № 1. – Режим доступу: <http://goo.gl/WxFjc>.

РЕАЛІЗАЦІЯ ОПТИМАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ ГІДРОМАНІПУЛЯТОРОМ

Ловейкін В.С.,

Національний університет біоресурсів і природокористування
(Україна, м. Київ)

Мищук Д. О.,

Київський національний університет будівництва і архітектури
(Україна)

Вступ. При зміні вильоту маніпулятора, кожний елемент його стрілової системи рухається за певним законом та взаємодіє з іншими елементами. Це призводить до виникнення динамічних навантажень в стріловій системі маніпулятора, які погіршують його роботу та знижують безпеку виконання вантажних робіт [1]. Для уникнення таких негативних явищ, виконано оптимізацію зміни вильоту маніпулятора [2], внаслідок чого було синтезовано закони руху маніпулятора за якими знижуються динамічні навантаження, енерговитрати та усуваються коливання вантажу [3].

Актуальність дослідження. Система керування сучасного гідроманіпулятора є складним та високотехнологічним механізмом. Проте при роботі маніпулятора з такими системами також виникають коливання вантажу на негативні явища пов'язані з динамікою роботи маніпулятора. Існують спеціальні пристрої, які призначені для зменшення динамічних навантажень в системах маніпулятора [4], проте їхня характеристика не завжди відповідає заявленим вимогам на експлуатацію маніпулятора і потребує додаткової модернізації, а самі пристрої є складними конструкторськими рішеннями з прихованими математичними моделями їхнього функціонування, що додатково ускладнює процес їхнього налаштування. Отож постає актуальна задача синтезу оригінальної системи керування маніпулятора для реалізації оптимального керування.

Постановка задачі. На основі існуючих систем керування гідроманіпулятора розробити керуючий механізм для реалізації оптимального керування з інтеграцією в бортову гідросистему та дослідити його параметри.

Результати дослідження. Для створення програмних режимів руху маніпулятора необхідно виконувати регулювання швидкості робочих механізмів у процесі зміни вильоту вантажу, що можна здійснити за рахунок апаратури системи гідроприводу, яка дає змогу здійснювати зміну потоку робочої рідини [4].

Розрізняють два способи регулювання швидкості робочих механізмів маніпулятора: із контролем за часом і за шляхом [5]. В останньому випадку пристрої керування кінематично пов'язані з робочим органом машини. Для механізмів маніпулятора доцільніше використовувати перший спосіб керування рухом.

У разі розгону та гальмування стрілової системи гідроманіпулятора із контролем за часом, пристрій отримує команду на початок подачі або перемикання потоку робочої рідини в гідродвигун. В багатьох випадках вимоги до плавності розгону або гальмування механізму зводяться до обмеження прискорення. У цьому разі розрахункова схема є зведеною масою m_n , яка переміщується гідроциліндром зі швидкістю V_c на ділянці усталеного руху. Параметри робочих елементів пристрою керування підбираються так, щоб під час пуску або гальмування прискорення не перевищувало максимального значення a_{max} . Ця умова виконується, якщо на початку роботи пристрою забезпечено його ефективну дію на швидкість руху виконавчого елемента, а шлях, який проходить цей елемент до повного відкриття або закриття робочого вікна, буде достатнім для плавного підвищення швидкості [6].

Розглянуто гідроманіпулятор, кінематична схема якого представлена на рис.1 з прийнятими позначеннями: φ – кут нахилу нерухомої стійки до вертикалі; α_0 – кут повороту підйомної стріли відносно осі нерухомої стійки; β – кут повороту

телескопічної рукояті відносно осі підйомної стріли; γ – кут повороту телескопічної рукояті до горизонту; $x_2, x_3, x_4, x_5, y_2, y_3, y_4, y_5$ – координати центрів мас відповідно підйомної та поворотної стріли, висувної рукояті та вантажу; y_0 – висота нерухомої стійки маніпулятора; a, b, c та d – розміри встановлення привідних гідроциліндрів маніпулятора. За узагальнені координати прийняті координати лінійних переміщень штоків гідроциліндрів q_1, q_2, q_3 .

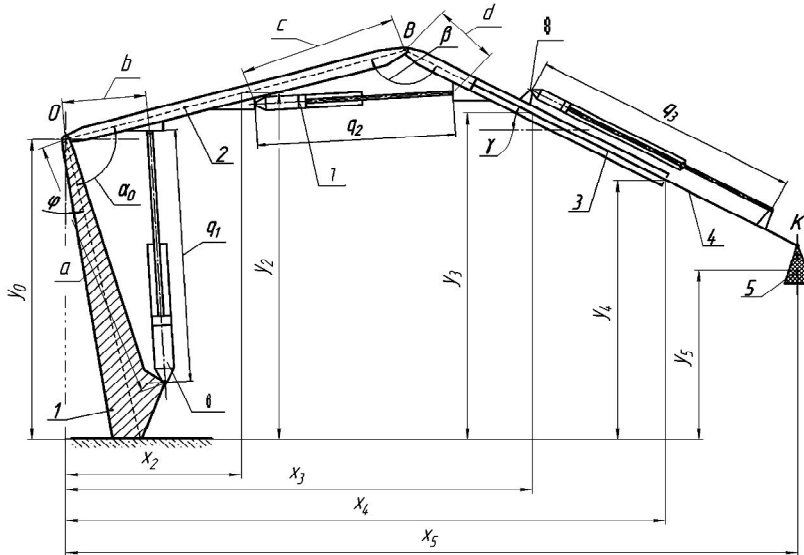


Рисунок 1 – Динамічна модель гідроманіпулятора

В роботах [2, 3, 7] було розглянуто задачі оптимізації зміни вильоту маніпулятора та визначено закони руху його стрілової системи за якими знижується динамічні навантаження, енерговитрати та коливання вантажу. Для зниження динамічних навантажень в елементах маніпулятора та зведення до мінімуму потужності на розгін або гальмування його стрілової системи, було розв'язано варіаційну задачу по мінімізації величини динамічної складової потужності стрілової системи під час зміни її вильоту. У результаті розв'язку оптимізаційної задачі отримано закони пуску та гальмування привідних механізмів маніпулятора, які відповідають координатам поршнів привідних гідроциліндрів [2]:

- закон оптимального динамічного пуску

$$q_1 = q_{1.0} + V_y \left(1 - \frac{t}{3 \cdot t_n} \right) \frac{t^2}{t_n} + b \left(6 \frac{t^2}{t_n^2} - 15 \frac{t}{t_n} + 10 \right) \frac{t^3}{t_n^3}, \quad (1)$$

де V_y – швидкість усталеного руху, м/с; $q_{1.0}$ – положення поршня привідного гідроциліндра на початку руху, м; t – час, с; t_n – час пуску, с; b – коефіцієнт, який залежить від заданих параметрів стрілової системи маніпулятора та умов його руху і визначається на основі рівнянь Ейлера-Пуассона, що характеризують оптимальний динамічний пуск [2].

Для усунення величини початкового прискорення, яке виникає при динамічному режимі руху та призводить до м'яких ударів в механічній системі та зменшення коливання елементів стрілової системи, було виконано оптимізацію зміни вильоту маніпулятора за швидкістю зміни динамічної складової потужності та отримано оптимальні закони пуску та гальмування [7]:

- закон оптимального ривкового пуску

$$q_1 = \frac{c_1}{t_n^7} (-140t^6 + 420t^5 t_n - 420t^4 t_n^2 + 140t^3 t_n^3) + \frac{5q_{1n} t_n^4 + 3t^5 V_y - 10t^4 t_n V_y + 10t^3 t_n^2 V_y}{5t_n^4}, \quad (2)$$

c – коефіцієнт аналогічний до b і визначається на основі рівнянь Ейлера-Пуассона, що характеризують оптимальний ривковий пуск [7].

В гідроманіпуляторі такі режими руху можна реалізувати як за рахунок зміни подачі насосу (об'ємне регулювання), так і за рахунок розподілу потоку робочої рідини в напірну та зливну магістралі через регульований отвір (дросельне регулювання), а також за рахунок змішаного регулювання (об'ємного та дросельного). Керуюча дія на пристроях керування може бути програмована з адаптацією до навантаження та характеру переміщення вантажу. В цьому випадку пристрій керування повинен бути пов'язаний із електронною системою, яка визначає, в залежності від навантаження та характеру його переміщення, керуючий вплив та передає його на вихідний керуючий механізм [6]. Таким керуючим механізмом може слугувати електромагнітний пропорційний гідравлічний золотниковий розподільник (наприклад, HC-MV 99 «Hydrocontrol») або електромагнітний пропорційний дросель (наприклад, PFR2 4A «HydraPac») [8].

Керуюча дія може бути не програмованою з адаптацією до навантаження та переміщення. В такому випадку необхідно визначити набір сплайнів руху системи, визначити в них зону найбільш розповсюджених та значущих режимів руху і зіставити їх із режимами роботи системи під різними навантаженнями. В цьому випадку пристрій керування має жорстко фіксовану керуючу дію на робочий орган. Такий вид керування найбільш дешевий в своїй реалізації.

Розглянуто керування гідроманіпулятора з реалізацією визначених оптимальних режимів його роботи за рахунок дроселювання робочої рідини гідророзподільником бортової системи гідроприводу. На рис. 2 зображено золотниковий гідророзподільник P80-3/1-444 в напіврозібраному стані (знято верхню кришку). Такий гідророзподільник містить три циліндричні золотники (рис.2, б), які виконують керування привідними гідроциліндрами стрілової системи маніпулятора.



Рисунок 2 – Гідророзподільник бортової системи привода (а) та його золотник (б)

Для надання стріловій системі потрібного режиму руху, необхідно задати відповідний режим роботи поршня привідного гідроциліндра. Керування гідроциліндрами стрілової системи маніпулятора виконується золотниковим розподільником, шляхом подачі певної кількості робочої рідини, відповідно, керуючи потоком робочої рідини можна керувати привідними гідроциліндрами, а золотник в такому разі виконує функцію дроселя. Для надання стріловій системі потрібного режиму пуску або гальмування, витрати робочої рідини, що протікає через дросель, визначається співвідношенням [4]:

$$Q = \mu f \sqrt{2\Delta p / \rho} \quad (3)$$

де μ – коефіцієнт витрат робочої рідини, який залежить від конструкції дроселя і визначається експериментально (для кромкових дроселів $\mu = 0,65 \dots 0,7$); f – площа прохідного отвору дроселя; Δp – різниця тисків між напірною магістраллю p_n і тиском у гідроциліндрі p ; ρ – щільність робочої рідини (для рідини ВМГЗ $\rho = 860 \text{ кг/м}^3$).

Витрати робочої рідини у привідному гідроциліндрі виразимо через швидкість \dot{q}_1 , площу A_n поршня у безштоковій порожнині та градієнт тиску [5]:

$$Q = A_n \dot{q}_1 + \frac{W_0 + W_1}{E_1} \frac{dp}{dt}, \quad (4)$$

де E_1 – об'ємний модуль пружності робочої рідини; W_0 – початковий об'єм робочої рідини в напірній порожнині привідного гідроциліндра; $W_1 = A_n(q_1 - l_{ум})$ – об'єм робочої рідини, який надходить до напірної порожнини привідного гідроциліндра; $l_{ум}$ – довжина штока привідного гідроциліндра ($l_{ум} = 1,2$ м). Тиск у напірній магістралі p_n залежить від характеристик насоса та запобіжного клапана. Характеристика насосної установки, яка оснащена переливним клапаном, представлена на рис. 3.

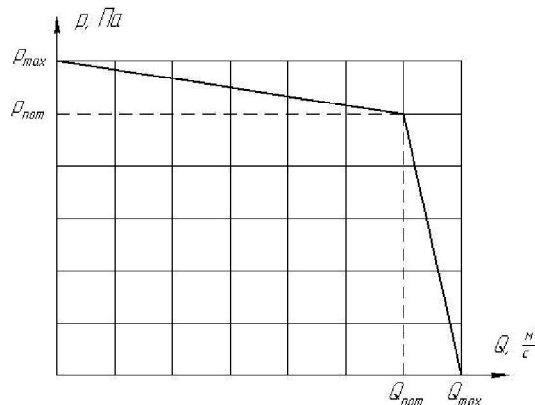


Рисунок 3 – Характеристика насосної установки

У першому наближенні, характеристика насосної установки може бути апроксимована системою лінійних залежностей:

$$\begin{cases} p_n = p_{\max} - \frac{p_{\max} - p_{\text{nom}}}{Q_{\text{nom}}} Q, 0 \leq Q \leq Q_{\text{nom}}; \\ p_n = p_{\text{nom}} - \frac{Q - Q_{\text{nom}}}{Q_{\max} - Q_{\text{nom}}} p_{\text{nom}}, Q_{\text{nom}} < Q \leq Q_{\max}, \end{cases} \quad (5)$$

де p_{\max} , p_{nom} – максимальний та номінальний тиск гідронасоса; Q_{\max} , Q_{nom} – максимальна та номінальна подачі гідронасоса.

Тиск у порожнині гідроциліндра визначається зусиллям F , що діє на шток гідроциліндра. Це зусилля залежить від сил статичного опору в елементах стрілової системи, а також від режиму її руху. Тиск у порожнині гідроциліндра виражається залежністю:

$$p = \frac{F - p_{\text{зл}} A_{\text{зл}} - R_{\text{тер}}}{A_n}, \quad (6)$$

де $p_{\text{зл}}$ – тиск робочої рідини в зливній магістралі, Па; $A_{\text{зл}}$ – ефективна площа гідроциліндра в штоковій порожнині, м^2 ; $R_{\text{тер}}$ – технологічний опір на тертя штока та поршня гідроциліндра по його стінці гільзи, Н.

Прийmemo припущення, що тиск у зливній порожнині є величиною постійною, а опором на тертя знехтуємо. Такі припущення були прийняті виходячи з того, що тиск в напірній порожнині на порядок більший ніж в зливній, а отже він буде визначальним фактором руху поршня гідроциліндра. Опір на тертя в гідроциліндрах гідроманіпулятора

не перевищує 200...300Н, що не суттєво впливатиме на рух стрілової системи. За прийнятих припущень, градієнт тиску визначається із виразу:

$$\frac{dp}{dt} = \frac{d\left(\frac{F}{A_n}\right)}{dt} \quad (7)$$

Використовуючи вирази (4)...(7) та враховуючи, що подача гідронасоса залежить від швидкості руху робочої рідини, яка є функцією зміни швидкості штока привідного гідроциліндра, знайдено закон зміни площі прохідного отвору дроселя:

$$f = \frac{A_n \dot{q}_1 + \frac{W_0 + W_1}{E_1} \frac{1}{A_n} \frac{dF}{dt}}{\mu \sqrt{\frac{2}{\rho} \left[p_n - \frac{F - p_{3л} A_{3л}}{A_n} \right]}} \quad (8)$$

Швидкість переміщення штока гідроциліндра \dot{q}_1 і зусилля, що діє на нього, є характеристиками режиму руху, тому закон зміни площі прохідного перерізу отвору дроселя для протікання робочої рідини також буде функцією режиму руху.

Для забезпечення зміни площі протікання робочої рідини через золотниковий гідророзподільник пропонується на циліндричному золотнику з робочими кромками виконані спеціальні дросельні щілини у вигляді проточок змінного перерізу по своїй довжині [9]. При роботі гідродвигунів маніпулятора завдяки тому, що на золотнику є такі канавки в момент, коли він під дією керуючого сигналу почне рухатися і відкривати вхідні канали, то спочатку робоча рідина буде потрапляти у відповідну лінію через ці дросельні канавки, а при повному відкритті – вже буде на пряму потрапляти у відповідну порожнину, що створюватиме умови плавного пуску та гальмування.

Використовуючи математичну модель, яка побудована для динамічної моделі маніпулятора на рис.1 та представлена в дослідженні [10], визначено залежності зміни привідних сил, що необхідно створити робочими гідродвигунами для забезпечення оптимальних режимів руху (1) та (2). Використовуючи залежність (8), досліджено площу прохідного перерізу дросельної щілини в золотниковій парі гідророзподільника, що забезпечить необхідну подачу робочої рідини до привідного гідроциліндра. Розглянуто два випадки переміщення: при русі гідроциліндра з крайнього положення та за його руху із проміжного положення. На рис. 4 приведено графічні залежності зміни площі дроселя при русі з крайнього ($q_{1n}=1,2\text{м}$) та проміжного ($q_{1n}=1,49\text{м}$) положень за оптимальними динамічним та ривковим режимами пуску при переміщенні вантажу масою 800кг із прийнятими параметрами стрілової системи маніпулятора $q_2 = 1,35\text{м}$, $q_3 = 0\text{м}$.

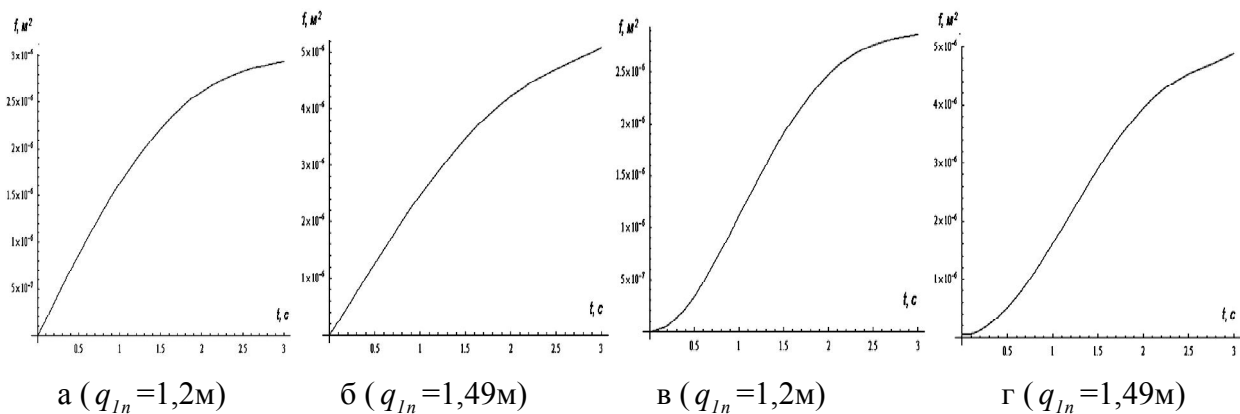


Рисунок 4 – Зміна площі прохідного перерізу дросельної щілини за оптимальних динамічного (а...б) та ривкового (в...г) режимів пуску маніпулятора

Розглянемо золотниковий розподільник з вмонтованим дроселем, у якого робочі щілини утворені трикутними пазами на циліндричному золотнику та кільцевою проточною в гільзі (рис. 5).

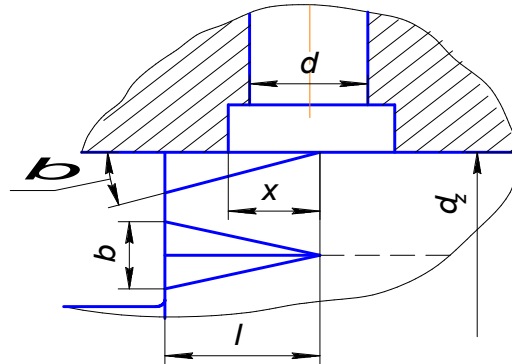


Рисунок 5 – Схема утвореного дросельного вікна

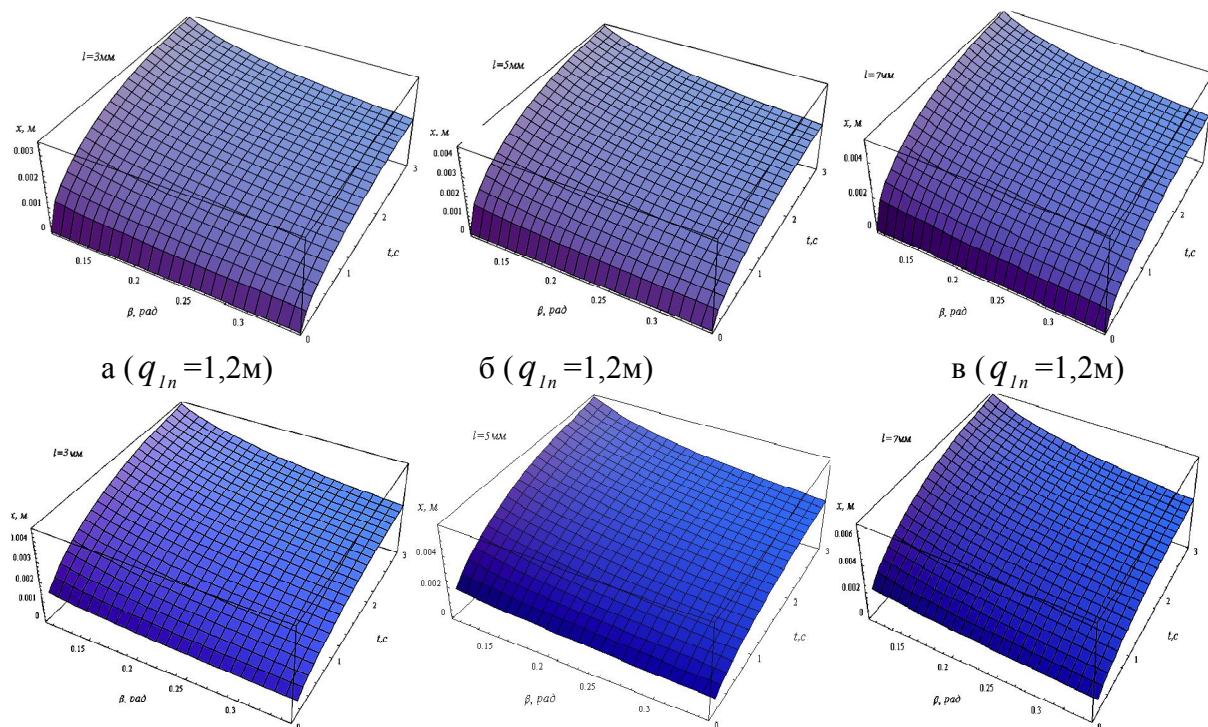
Робочий хід золотника для такого випадку буде [10]:

$$x = \sqrt{\frac{f \cdot 2l}{z \cdot b_n \cdot \sin(\beta)}}, \quad (9)$$

де l – довжина дросельного вікна, м; z – кількість пазів на золотнику; b_n – ширина одного паза, м; β – кут утворення паза, град.

В якості параметрів для варіювання прийнято довжину дросельного вікна l та кут утворення паза, а величини кількості пазів та їх ширини є постійними величинами, що мають значення: $z = 6$, $b = 2,5$ мм. Діаметр золотника прийнято 25 мм.

Залежності зміни робочого ходу золотника для різних довжин дросельних вікон та кутів утворення пазів для оптимального динамічного та ривкового режимів пуску представлено на рис. 6 та 7.



г ($q_{In}=1,49\text{м}$)

д ($q_{In}=1,49\text{м}$)

е ($q_{In}=1,49\text{м}$)

Рисунок 6 – Залежність зміни робочого ходу золотника за оптимального динамічного режиму пуску стрілової системи маніпулятора

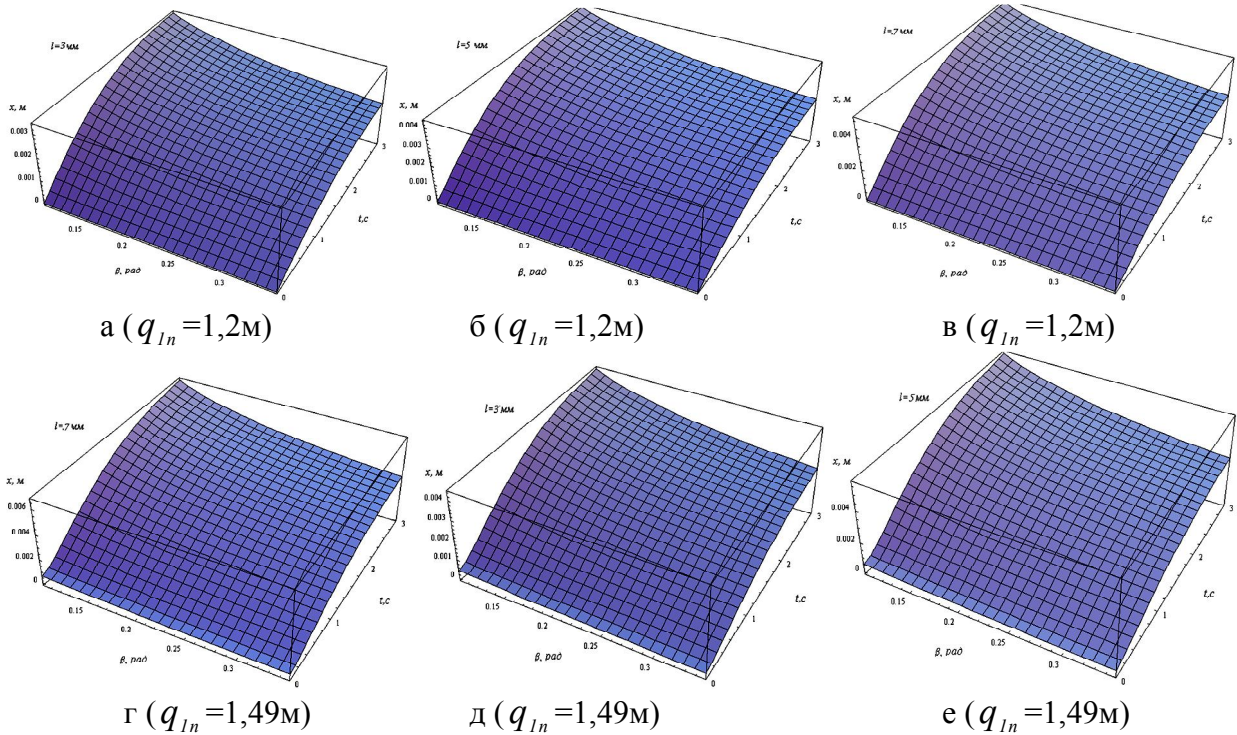
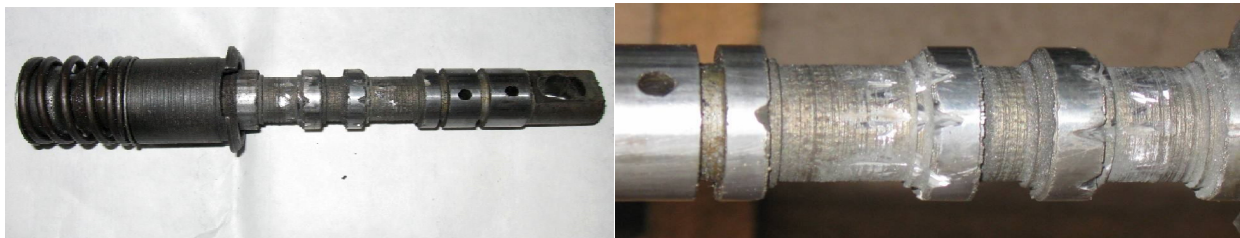


Рисунок 7 – Залежності зміни робочого ходу золотника за оптимального ривкового режиму пуску стрілової системи маніпулятора

Розраховані параметри дросельної щілини трикутної форми вказують, що доцільніше вибирати кромки циліндричного золотника, що мають кут утворення паза в межах $20..25^{\circ}$, оскільки межі відхилення ходу в такому випадку складають до 14% при відносній зміні часу регулювання в 50%. Для розробки золотника прийнято кут утворення паза 20° , довжину щілини 6мм, ширину паза 2,5мм.

Прийнявши вищеписані припущення, було виготовлено золотник із дросельними щілинами. На рис. 8. зображено зовнішній вигляд конструктивно зміненого циліндричного золотника, за допомогою якого виконується керування привідними гідродвигунами за оптимальними режимами руху.



а

б

Рисунок 8 – Зовнішній вигляд циліндричного золотника (а) з нарізаними на його кромках дросельними щілинами (б)

Висновки. В результаті проведених досліджень була розроблена методика визначення конструктивних параметрів системи керування гідromanіпулятора з реалізацією оптимальних режимів зміни його вильоту. В результаті досліджень було обґрунтовано раціональні параметри дросельної щілини, яка утворена трикутними пазами на циліндричному золотнику гідророзподільнику гідromanіпулятора. Встановлено, що для реалізації оптимальних режимів руху маніпулятора з повним усуненням коливань

вантажу, в гідророзподільнику повинно бути реалізовано початкове перетікання рідини з насосної камери в напірну магістраль привідного гідродвигуна.

ЛІТЕРАТУРА

1. Міщук Д. О. Результати експериментального дослідження оптимізації режимів руху крана-маніпулятора з гідроприводом / В. С. Ловейкін, Є. В. Горбатюк, Д. О. Міщук // Науковий вісник Херсонської державної морської академії. – Херсон, 2012. – №2 (7). – С. 162-169.
2. Ловейкін В. С. Визначення оптимальних режимів руху маніпулятора за процес пуску (гальмування) під час роботи за однією з узагальнених координат / В. С. Ловейкін, Д. О. Міщук // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. – К., 2009. – № 73. – С. 35-42.
3. Ловейкін В. С. Оптимізація режиму пуску висувної рукояті крана-маніпулятора під час горизонтального переміщення вантажу з урахуванням його коливань / В. С. Ловейкін, Д. О. Міщук // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. – К., 2010. – № 76. – С. 3-8.
4. Экснер Х. Гидропривод. Основы и компоненты. Учебный курс по гидравлике. / Х. Экснер, Р. Фрейтаг, Р. Ланг и другие. // Сервис автоматизация. 2003. – 323 с.
5. Иринг Ю. Проектирование гидравлических и пневматических систем / Ю. Иринг. Пер. со словац. – Л., 1983. – 363 с.
6. Григоров О.В. Оптиміальне керування рухом механізмів вантажопідійомних машин / О.В. Григоров, В.С. Ловейкін. – К. : ІЗМН, 1997. – 264 с.
7. Міщук Д. О. Оптимізація зміни вильоту маніпулятора з гідроприводом на транспортному засобі : автореф. дис. кан. тех. наук / Д. О. Міщук. – К., 2013. – 23 с.
8. Рекламний інформаційний бюлетень. Режим доступу: www.hidropak.com.ua. (19.12.2009).
9. Патент України №15813. Золотниковий розподільник. – 2006.
10. Ловейкін В. С. Розрахунок зусиль в привідних гідроциліндрах при оптимальному динамічному режимі руху в процесі пуску маніпулятора / В. С. Ловейкін, Д. О. Міщук // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. – К., 2007. – № 69. – С. 14-18.

БАГАТОЛЕЗОВІ МЕХАТРОННІ САМОНАЛАГОДЖУВАЛЬНІ СИСТЕМИ ЗАТИСКУ І ОБРОБКИ

Луців І.В., Буховець В.М.,

Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя
(Україна)

Актуальність. Під час кінцевих токарних операцій крутильні коливання, які виникають у приводі, призводять до коливань сили різання, що в свою чергу викликає погіршення точності і якості оброблюваної поверхні. Через різну кількість затискних елементів затискного пристрою і їх положення по відношенню до радіальної сили різання, виникає зміна складових радіальних відтискань, викликаних податливістю затискних елементів.

Результати дослідження. Тому адаптація багатолезового оснащення до зміни радіальної та крутильної жорсткості підсистеми «затискний пристрій-заготовка» та забезпечення незмінної радіальної жорсткості затискних пристроїв по куту повороту є актуальною науковою задачею і одним із способів покращення точності та якості оброблюваних поверхонь деталей. Для реалізації поставленої задачі необхідно: 1) створення нових конструкцій затискних патронів з розширеним діапазоном затиску і рівномірно роз-поділеним зусиллям затиску по контуру контактування заготовки із затискними елементами; 2) встановлення впливу геометрії різних типів затискних елементів на діапазон затиску заготовок та їх напружено-деформований стан; 3) аналіз динамічної стійкості самоналагоджувальної системи багатолезової обробки адаптивного типу з кінематичними міжінструментальними зв'язками в комплексі із затискними пристроями із рівномірно розподіленим зусиллям затиску.

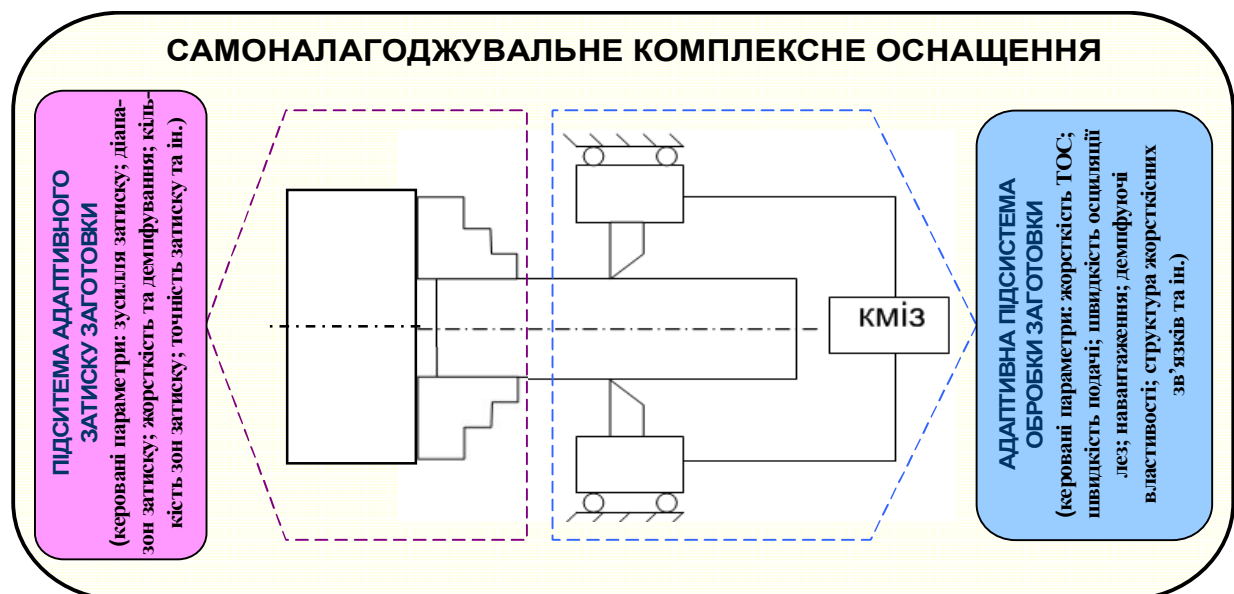


Схема 1 – Мехатронне самоналагоджувальне оснащення адаптивного типу

Нижче представлена загальна схема мехатронного самоналагоджувального оснащення адаптивного типу.

СУЧАСНА СУДНОВА ГІДРОХВИЛЬОВА ЕНЕРГЕТИКА ТА ЇЇ РОЗВИТОК

Настасенко В.О.,
Херсонська державна морська академія
(Україна)

Вступ. Основним видом енергетичних установок сучасного транспортного флоту є дизельні двигуни внутрішнього згоряння, а основним видом палива є продукти переробки нафти, при цьому добові витрати палива становлять: від 10 тон – для суден типу ріка-море, до 350 тон – для океанських суден магістрального типу. Оскільки при спалюванні продукти нафти втрачаються безповоротно, а запаси нафти є вичерпними, тому питання економії палива є актуальним і важливим. Роботи у цьому напрямку ведуться різними шляхами, однак найбільш перспективним слід вважати нетрадиційну енергетику [1], оскільки її запаси можна вважати невичерпними і екологічно чистими.

Зв'язок проблеми з основними науковими напрямками. Робота відноситься до сфери нетрадиційної енергетики, а саме – гідрохвильової, з оцінкою можливостей її використання на морському транспорті. Такий вибір обумовлений тим, що потенціал енергії хвиль значно більший, у порівнянні з сонячною та вітровою енергетикою, хоч в роботі [2] гідрохвильова енергетика для суден визначена, як недоступна.

Однак помилковість цього висновку усувають патент [3] та заявка на патент [4] на винаходи Російської Федерації, тому у виконуваний роботі основна увага приділена гідрохвильовій енергетиці та судновим гідрохвильовим енергетичним установкам, що обумовлено відносною дешевизною і простотою їх створення і використання.

Таким чином, *головною метою виконуваної роботи* є аналіз можливостей розвитку і використання гідрохвильової енергетики на судах транспортного флоту.

Складність рішення поставленої задачі полягає в тому, що у сучасному суднопластві є свої особливості і обмеження, які обумовлені великими габаритами суден і потужностями, потрібними для ефективного забезпечення їх руху. При цьому *наукову новизну даної роботи* складає пошук найбільш перспективних шляхів розвитку і використання суднової гідрохвильової енергетики та безпечних умов її експлуатації. Вирішення даних задач має велике теоретичне і практичне значення, оскільки саме даний вид енергетики може бути головним видом розвитку енергетики майбутнього [1].

Аналіз базових варіантів гідрохвильових енергетичних установок. Найбільш відомими і доведеними до практичної реалізації гідрохвильовими енергетичними установками слід вважати «контурні плоти Коккерелля» та «качки» Солтера [5], які показані на рис. 1 і 2.

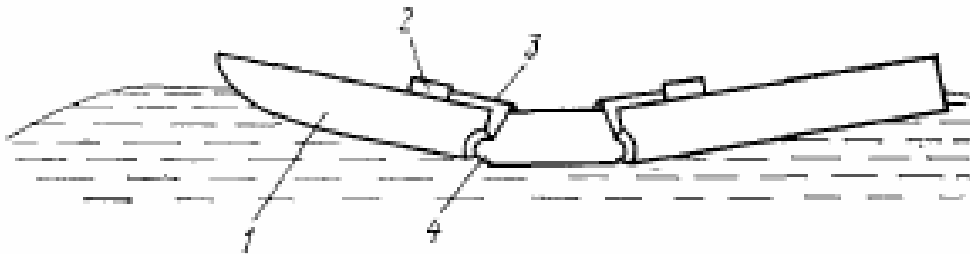


Рисунок 1 – Принципова схема виконання контурного плоту Коккерелля:
1 – секція, що коливається; 2 – перетворювач; 3 – тяга; 4 – шарнір

Контурний пліт Коккерелля встановлюється перпендикулярно до фронту дії хвилі і повторює її профіль. Модель цього гідрохвильового перетворювача в 1/10 величини, була випробовувана в 1977 році в протоці Солент в Англії, поблизу м. Саутгемптона [5]. Контурний пліт Коккерелля є багатоланковою (мінімум – трьох) системою з шарнірно сполучених секцій, які послідовно одна за одною підіймаються, або опускаються хвилями

і через тяги, наприклад, кривошипно-шатунного типу, перетворюють відносний коливальний рух секцій плоту в обертальний рух ротора електрогенератора. Для підвищення ефективності роботи електрогенератора, частота обертання його ротора може бути збільшена за рахунок використання між його валом і корінним валом кривошипу проміжних мультиплікаторів або підвищувальних пар зубчатих передач.

Лабораторні випробування моделі такого плоту в масштабі 1/10 показали [5], що його ефективність складає близько 45 %. Перевагою плоту є можливість використання вже розроблених секцій понтонного, або корабельного типу для прибережних електростанцій, що спрощує його проектування і виготовлення і дозволяє підняти зайнятість в уже існуючій суднобудівельній промисловості.

Однак недоліками при використанні на судах даної гідрохвильової системи, є:

- 1) складність виконання для транспортних суден, хоча принципова можливість створення його корпусу з шарнірних секцій – існує;
- 2) зменшення жорсткості корпусу судна, що створює додаткову небезпеку його експлуатації, особливо у шторм, яка відсутня у суден з традиційними корпусами;
- 3) необхідність виконання шарнірних з'єднань, що ускладнює конструкцію корпусу судна і зменшує його надійність;
- 4) ускладнення судна за рахунок шатунних тяг та перетворювачів їх руху, для яких радіус кривошипу треба постійно змінювати в автоматичному режимі, в залежності від параметрів хвиль, які діють на шарнірні секції корпусу;
- 5) при незмінному радіусі кривошипу, сектор коливального руху секцій змінюється відповідно параметрів хвиль, тому виникає зворотно-коливальний рух кривошипа, який фактично стає качалкою, що потребує виконання додаткових муфт обгону для вилучення реверсу ротора електрогенератора, а це відповідно ускладнює систему і збільшує небезпеку її пошкодження, особливо при дії потужних хвиль;
- 6) використання зубчатих передач при різких ударах хвиль може призвести до поломок зубців, що відповідно збільшить небезпеку відмов системи в цілому, а у разі заклинювання зубчатих коліс їх уламками – до підвищення тертя інших поверхонь цими уламками і збільшення загрози виникнення пожежі.

Таким чином, дані конструкції гідрохвильових електрогенераторів слід вважати неперспективними і у виконуваний роботі вони детально не розглядаються.

Відома також гідрохвильова енергетична установка, яка створена професором Единбурзького університету Стефаном Солтером і названа на честь її творця «качкою Солтера» [5]. Технічна назва такого класу перетворювачів – крило, що коливається на хвилях, їх принципова схема показана на рис. 2.

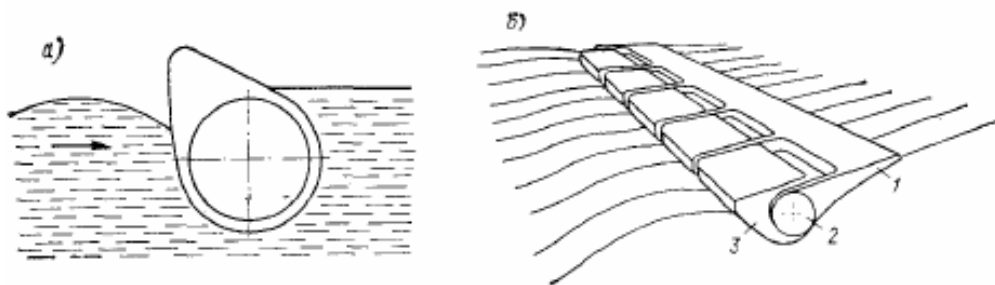


Рисунок 2 – «Качка» Солтера: а) – схема перетворення енергії хвилі; б) – варіант конструкції перетворювача; де 1 – плавуча платформа; 2 – циліндрична опора з розміщеними в ній приводом і електрогенератором; 3 – поплавок асиметричної форми

Форма цих перетворювачів підібрана такою, щоб забезпечувати максимальне добування потужності з руху морських хвиль, за рахунок чого їх ккд на резонансних частотах може досягати 90% [5] без урахування ккд електрогенераторів. Хвилі, що набігають на «качку» спереду (рис. 2), змушують її коливатися відносно поверхні

горизонту. Циліндрична форма протилежної поверхні «качки» забезпечує відсутність розповсюдження хвилі позад неї при коливаннях її навколо власної осі. Найбільша потужність може бути знята з вісі коливальної системи з таким розрахунком, щоб забезпечити мінімум відведення енергії позад «качки». Відбираючи і пропускаючи через себе лише незначну частину повної енергії хвиль (приблизно 20% [6], оскільки основну її частину складає енергія E_{ω} кругового руху крапель води у хвилі зі швидкістю ω), цей пристрій має високу ефективність перетворення в широкому діапазоні частот збуджуючих коливань, які створені хвилями [5].

Спочатку Солтером був створений макет вузькосмугової по частоті коливання хвиль «качки». У хвильовому басейні вона поглинала до 90% енергій горизонтального і вертикального руху хвиль. Перші випробування в умовах, близьких до морських, були проведені в травні 1977 році на озері Лох-Несс (Шотландія) [5], тоді 50-метрова низка з «качок» висотою кожної у 20-метрів і загальною масою 16 т була спущена на воду і випробовувалася протягом 4-х місяців за різних хвильових умов. У грудні того ж року ця модель в 1/10 майбутньої довжини океанського перетворювача була знову спущена на воду і дала перший струм. Протягом 3-х місяців одного з найсуворіших зимових періодів, модель першої англійської гідрохвильової електростанції працювала з середнім ккд, близьким до 50 %, який є більшим, ніж у плотів Коккерелля.

Подальші розробки Солтера були направлені на те, щоб забезпечити кожній «качці» здатність протистояти ударам максимальних хвиль моря і створити низку з перетворювачів, що заякорена, у формі достатньо гнучкої лінії, яка здатна змінюватися в залежності від напрямку дії фронту хвиль [5]. Передбачалось, що характерний розмір реальної «качки» буде приблизно дорівнювати 0,1 λ , що для 100 -метрових атлантичних хвиль становить 10 м. Низку з «качок» протяжністю декілька кілометрів передбачалося встановити в районі з найбільш інтенсивним хвилюванням моря західніше Гебрідських островів. Потужність станції мала бути ≈ 100 мВт, однак гнучкість низки і безпека її пошкодження великими хвилями не були забезпечені і система не була впроваджена.

Окрім цього, іншими найбільш істотними недоліками для «качок» Солтера є:

1. Значне коливання потужності в залежності від параметрів хвиль.
2. Необхідність передачі і перетворення повільного коливального руху на привод генератора, для чого потрібне використання проміжних мультиплікаторів або підвищувальних зубчатих передач, для яких можливе пошкодження сильними хвилями.
3. Необхідність використання муфт обгону для вилучення реверсу при роботі електрогенераторів.
4. Необхідність зняття потужності з пристрою, що плаває на значній глибині (тому в умовах морських приливів його треба віддаляти на значну відстань від узбережжя) і пристрою, який має велику протяжність, що становить небезпеку його розриву потужними хвилями.
5. Необхідність відстеження і зміни напрямку низки «качок», для отримання високого ккд перетворень, внаслідок високої чутливості системи до кута β напрямку руху фронту хвиль, яка має залежність $\eta = \cos \beta$.
6. Утруднення при виготовленні, збірці і монтажі «качки», в наслідок складності криволінійної форми її робочої поверхні, яка потребує пошуку оптимальної кривизни в залежності від параметрів хвиль.

В судновому виконанні можлива установка «качок» по обидва борти корпусу судна, що відповідно погіршує його обтічність, умови швартування і збільшує його ширину, що впливає на проходження ним каналів і проток. Можливе розміщення качок між корпусами катамарану. Однак при цьому зростає вартість судна і відповідно – вартість перевезень. Виникають також проблеми з розміщенням вантажів у корпусах, а судно також стає більш широким, що ускладнює проходження ним каналів і проток.

Таким чином, і дані конструкції слід вважати неперспективними.

Нові варіанти виконання суднових гідрохвильових енергетичних установок.

Новий напрямок розвитку гідрохвильової енергетики – пов’язаний з системами електрогенераторів маятникового типу за патентом Російської Федерації на винахід [3], схеми яких показані на рис. 3.

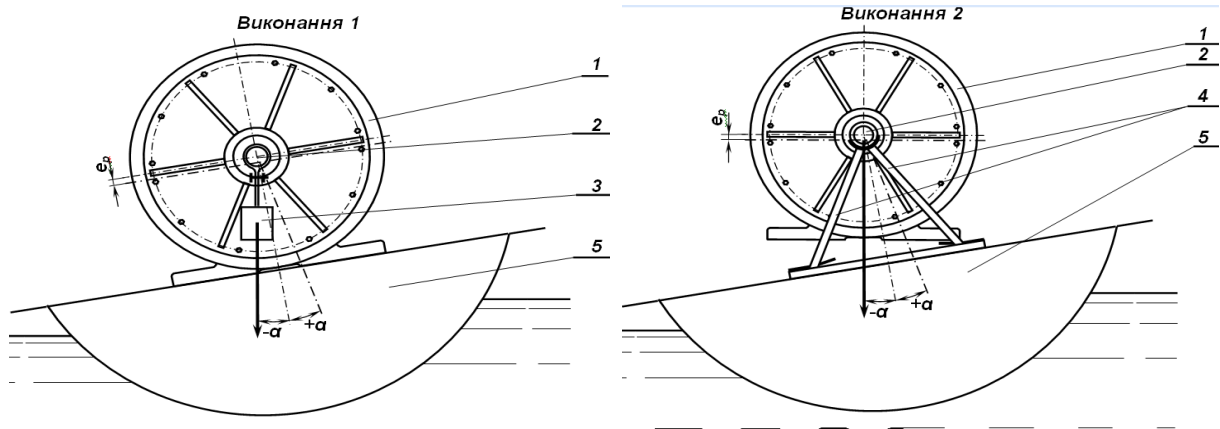


Рисунок 3 – Принципові схеми гідрохвильових електрогенераторів маятникового типу

Якщо в існуючих електрогенераторах 1 ротор 2 є статично збалансованим, то у новій системі на нього надягають вантаж 3 (виконання 1), або електрогенератор 1 встановлюють ротором 2 на опори 4, з вільним підвісом статора (виконання 2), який статично неврівноважений за рахунок зміщення e_p центру його маси відносно осі підвісу ротора, що забезпечує ротору або статору строгу орієнтацію до центру Землі. При встановленні таких систем на плаваючий засіб 5, який коливається хвилями на кут $\pm\alpha$, статор і ротор генератора здійснюють аналогічні коливання відносно один одного, що веде до вироблення ними електричного струму. Такі системи генераторів можуть встановлюватися у трюмі корпусу плаваючого засобу один за одним рядами та шеренгами.

За заявкою на патент Російської Федерації на винахід [4], можливе збільшення кількості обертів роторів за одне коливання системи (рис. 4). Генератори 1, які мають статор 2 і ротор 3, можуть бути встановлені на опорах 4 з віссю 5 на кінцівках 6 опор, зі зміщенням осі 7 ротора відносно осі 5, зв’язаної з осями проміжних зубчатих коліс 8, які введені в зачеплення з шестернею 9 на валу ротора і з внутрішнім зубчатим вінцем 10 на корпусі статора. При цьому ексцентриситет осі підвісу і центру маси генератора забезпечує йому строгу орієнтацію до центру Землі і вироблення електричного струму за розглянутим вище принципом.

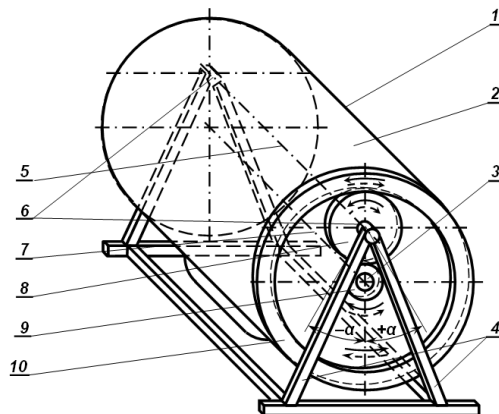


Рисунок 4 – Принципова схема маятникових гідрохвильових електрогенераторів з проміжними зубчатими колесами

Окрім збільшення частоти обертання і ексцентриситету, перевагою нової системи гідрохвильових електрогенераторів є примусове протилежне обертання ротора і статора, що забезпечує їй чутливість, при нахилі хвилями на кут $\alpha \leq 1^\circ$.

Схема розміщення таких генераторів в середині корпусу плаваючого засобу, яким може бути, як прибережна електростанція, так і транспортне судно, показана на рис. 5.

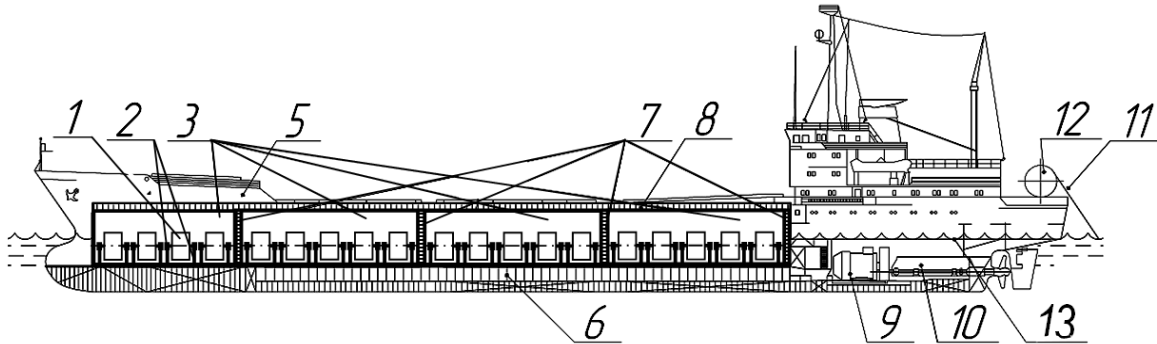


Рисунок 5 – Плаваюча прибережна електростанція з гідрохвильовими генераторами маятникового типу

Генератори 1 електричного струму встановлені своїми роторами в плаваючому засобі на опорах 2 в трюмах 3 між бортами 4 поперек корпусу 5, розвернутого бортом паралельно до фронту підходу хвиль. При цьому донна секція з остовом 6, поперечні 7 і верхні палубні перегородки 8 забезпечують корпусу необхідну міцність і жорсткість, а ходовий електродвигун 9 з приводом 10 ходового гвинта – можливість відведення плаваючого засобу в укриття при сильному штормі.

Для прибережних електростанцій відвід на берег виробленої електроенергії забезпечується кабелем 11 з котушкою 12, занурення корпусу плаваючого засобу обмежене його ватерлінією 13, а орієнтація і утримання бортом паралельно до фронту підходу хвиль здійснюється якорями, або іншими засобами, наприклад ходовим двигуном 9, підрульними двигунами, або спеціальними стабілізаційними двигунами. При завеликих хвилях, для зменшення небезпеки хитавиці корпусу, його розвертають під кутом β до фронту підходу хвиль, аж до крайньої орієнтації – носом до їх фронту.

У судновому виконанні генератори встановлюються лише в одному трюмі, або в його окремій частині, в т.ч. – у 2 і більшу кількість ярусів. Продовжна орієнтація генераторів – поперек корпусу судна, оскільки подолання ним хвиль носом до фронту їх підходу є більш безпечним варіантом ходу.

Така система усуває недоліки розглянутих на рис 2-5 гідрохвильових систем, а саме: корпус судна не має суттєвих змін відносно базового виконання і залишається жорстким, відсутні шарнірні з'єднання, тяги і кривошипи, спрощена орієнтація корпусу до фронту підходу хвиль, що підвищує безпеку експлуатації. Системи перетворень коливального руху хвиль в обертальний рух роторів генераторів і вироблення ними електричної енергії, спрощені до рівня використання вже існуючих електрогенераторів. Відсутні також зовнішні елементи для сприйняття руху хвиль, що усуває можливість їх пошкодження хвилями, не збільшується поперечна площа корпусу і опор руху у воді, не погіршуються умови проходження каналів і проток, а також умови швартування, усуваються потреби у виконанні судна-катамарану. Загальний ккд даних систем є найбільшим з усіх раніше впроваджених [5], оскільки його обмеження пов'язані лише з косинусом φ електрогенераторів, який становить величину 0,75...0,85, та величиною ккд двох пар зубчатих передач, який мають значення 0,97...0,98 і двох опорних підшипників стійок, який мають значення 0,98.

Для прибережних електростанцій відсутня необхідність установки на великій глибині, далеко від берегу і його захисних споруд, та збирання у довгу низку і т.д.

Однак використання запропонованої системи гідрохвильової енергетики має суттєві обмеження. В першу чергу вони пов'язані з розмірами суден, оскільки при їх довжині більше 200 м і ширині більше 30 м, хитаючи хвилями неістотна, навіть при хвилюванні моря у 6-7 балів, а при більшому хвилюванні експлуатація суден небезпечна, зони таких штормів їм рекомендовано обходити. Другим її недоліком є невелика потужність гідрохвильових електрогенераторів, що змушує збільшувати їх кількість з розміщенням у трюмі, що зменшує провозоздатність суден.

Таким чином, запропоновані гідрохвильові енергетичні установки можуть бути рекомендовані для суден невеликих розмірів: до 150 м у довжину та до 20 м у ширину, з водотоннажністю до 25 тис. т., а у разі недоцільності зменшення провозоздатності судна – їх використання можливе, лише як додаткових енергетичних систем [1].

Загальні висновки по роботі. Проведений аналіз показав, що на транспортних судах невеликих розмірів можливе і найбільш доцільне використання гідрохвильових електрогенераторів маятникового типу за заявкою на патент Російської Федерації на винахід [4]. Однак з огляду відсутності гарантії своєчасної доставки вантажів у разі незначного хвилювання моря, вони можуть бути рекомендовані, лише як додаткові системи до базових двигунів.

Для прибережних гідрохвильових електричних станцій вони можуть бути рекомендовані в усіх випадках їх використання, оскільки гарантовано забезпечують вироблення електричної енергії і усувають основні недоліки раніше використовуваних для цього систем на базі «плота Коккерелля» та «качки» Солтера.

В цілому безпека їх експлуатації на судах і електростанціях адекватна безпеці експлуатації електрогенераторів і редукторів, однак мають особливості, які пов'язані з розмірами суден та умовами їх експлуатації, в першу чергу – з їх хитаючи хвилями у бортовому і кільовому напрямках. Додаткову небезпеку створює саме розхитування генераторів, як маятників, що потребує введення спеціальних огорожень для зони хитань, розфарбування і попереджувальних написів та ретельного розрахунку опор на статичну міцність і динамічну остійність, а також на втомну міцність і зносостійкість, з відповідною розробкою графіків періодичності огляду і попереджувального ремонту.

Впровадження даних систем можливе також на танкерах і газовозах, у разі розробки ефективних автоматичних систем індивідуального пожежогасіння генераторів і загального пожежогасіння у приміщенні, яке займають дані системи, однак остаточно рішення по їх впровадженню слід прийняти після ретельних досліджень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Настасенко В. О. Нова концепція розвитку суднових двигунів внутрішнього згоряння // Науковий вісник ХДМІ : науковий журнал. – Херсон : Видавництво ХДМІ, 2011. – № 1(4). – С. 52-66.
2. Шурляк В. К. Применение альтернативных видов энергии и топлив на морских судах // Семинар – «Сжиженный природный газ как альтернативное топливо для морских судов». – С-Петербург : ГМА им. Макарова, 2012. – 47 с. – Электронный ресурс. – Режим доступа: [www.korabel.ru /filemanager/OTHER/0/0/3.pdf](http://www.korabel.ru/filemanager/OTHER/0/0/3.pdf)
3. Патент Российской Федерации на изобретение № 2396673. Генератор электрического тока, его варианты и способы их установки. МПК H02K 19/00. Заявка № 2009100832/09 от 12.01.09. Авт. изобр. Настасенко В.А. // БИ № 22 от 10.08/2010.
4. Заявка на патент Российской Федерации на изобретение № 2012125508 от 19.06.2012. Маятниковый гидроволновой генератор электрического тока. Авт. Настасенко В.А.
5. Вершинский Н. В. Энергия океана. – М. : Наука, 1986. – 152 с.
6. Агеев В. А. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии : курс лекций. – Л. : Изд-во Ленингр. ун-та. Кафедра теплоэнергетических систем, 2004. – 343 с.

РОЗРОБКА СТЕНДУ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ НОМІНАЛЬНИХ ШТОВХАЮЧИХ, ТЯГНУЧИХ ЗУСИЛЬ ТА ККД ГІДРОЦИЛІНДРА

Пелевін Л.Є., Мельниченко Б.М.,

Київський національний університет будівництва і архітектури
(Україна)

Вступ. Сучасні машини відрізняються великою енергоємністю при порівняно малих габаритах. Цю задачу допомагає вирішити гідропривід, що в багатьох випадках перевершив по своїм характеристикам інші типи приводів і оказався простим та надійним засобом для отримання зворотно-поступальних та обертових рухів.

Актуальність. На сьогодні гідропривід широко використовується в авіабудуванні, будівельних та дорожніх машинах, гірничих машинах, металургії та ін.

Одним з основних вузлів гідравлічної системи є силовий гідроциліндр.

Деякі питання конструювання, розрахунку і випробувань гідроциліндрів відображені в роботах Башти Т. М., Богдановича Л. Б., Брона Л. С., Єрмакова В. В., Зайченко І. З., Хаймовича Є. М. і Хорина В. Н. [1].

Постановка задачі. Моделювання навантажень на гідроциліндр навіски робочого органа розпушника та розробка стенду для випробувань гідроциліндрів, а саме визначення ККД гідроциліндру, номінального штовхаючого та тягнучого зусиль. Співставлення отриманих на стенді штовхаючих зусиль з визначеними раніше значеннями необхідних навантажень для динамічного руйнування ґрунту методом імпульсного відриву.

Результати досліджень. Як показують експериментальні дослідження, фактичні напруги в елементах робочого обладнання гідравлічних екскаваторів часто перевершують розрахункові, що є однією з причин появи тріщин та поломок у елементах робочого устаткування.

Для визначення максимальних зусиль в елементах робочого устаткування необхідно, насамперед, знайти максимальні зовнішні навантаження на механізм. Положення механізму визначається значеннями довжин трьох гідроциліндрів [2].

Гідроциліндри знаходяться під дією продовжної сили, поперечної сили та власної ваги.

При заглиблені та виглиблені робочого органа розпушника, у процесі роботи, при зміні кута різання, швидкості елементів поршнів виконавчих гідроциліндрів змінюються. Ці швидкості залежать від кінематики робочого обладнання, обраної схеми управління, виду ґрунту. Швидкість руху поршня гідроциліндра прямо пропорційна подачі рідини в гідросистемі. І тільки в момент максимальної напруги в елементах робочого обладнання у момент упору зуба розпушника у непереборну перешкоду тиск у гідроциліндрі досягає максимуму. При цьому відбувається скид тиску через запобіжний клапан, який настроєний на максимальний тиск. Тому для забезпечення максимальної сили заглиблення робочого органу в ґрунт необхідно забезпечити герметичність у різних порожнинах гідроциліндра (перетічки робочої рідини з однієї порожнини в другу повинні бути мінімальні).

Якість гідроциліндра після виготовлення звичайно перевіряється на гідравлічному стенді. Згідно ГОСТ 18454-87 випробування гідроциліндрів слідує проводити на стендах, що атестувалися у відповідності з ГОСТ 24555-81. При періодичних випробуваннях слідує перевіряти: міцність, зовнішню герметичність, внутрішні витрати, тиск початку руху, швидкість гідроциліндра, номінальну силу циліндра (штовхаючого, тягнучого), коефіцієнт корисної дії: гідромеханічний, загальний, ресурс, напрацьовування на відмову та інші параметри, встановлені у стандартах і технічних умовах на гідроциліндри конкретного типу.

Однією з важливих перевірок для забезпечення руйнування ґрунту є перевірка гідроциліндру на визначення номінальних штовхаючих та тягнучих зусиль.

Таким чином, стенд для випробування гідроциліндрів повинен відповідати певним вимогам: можливості регулювання тисками та витратами робочої рідини, можливості установки та випробування гідроциліндрів різних розмірних груп.

Гідросхема стенду для визначення сили, що тягне і ККД зворотного ходу наведена на рис. 1а, а сили, що штовхає та ККД прямого ходу на рис. 1б.

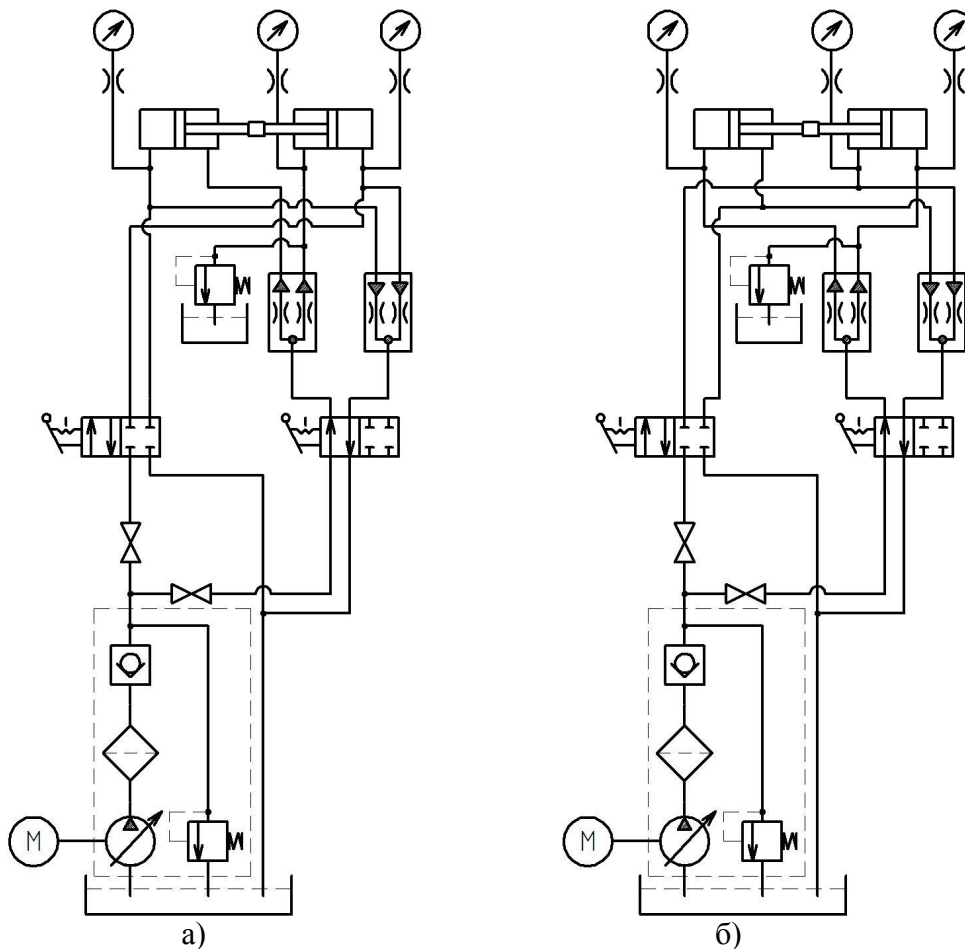


Рисунок 1 – Принципові схеми стендів: а) гідросхема стенду для визначення сили, що штовхає і ККД прямого ходу; б) гідросхема стенду для визначення сили, що тягне і ККД зворотного ходу

Деякі величини розраховуються по відомим залежностям:

Штовхаюче зусилля, розрахункове:

$$F_{ШТОВ}^P = P_H f_{ШТ} - P_{ЗЛ} f_{П}, \quad (1)$$

де P_H – тиск, в напірній магістралі 3; $P_{ЗЛ}$ – тиск в зливній магістралі; $f_{ШТ}$ – подача штоку гідроциліндра 2; $f_{П}$ – подача поршня гідроциліндра 1.

Штовхаюче зусилля гідроциліндра 2, фактичне:

$$F_{ШТОВ} = F_{ШТОВ}^P - \frac{P_{П} f_{П}}{2}. \quad (2)$$

ККД гідроциліндра прямого ходу:

$$\eta^1 = \frac{F_{ШТОВ}}{F_{ШТОВ}^P}. \quad (3)$$

Зусилля, що тягне, розрахункове:

$$F_{\text{ТЯГ}}^P = P_H f_{\text{ШТ}} - P_{\text{ЗЛ}} f_{\text{П}}. \quad (4)$$

Зусилля, що тягне, фактичне:

$$F_{\text{ТЯГ}} = F_{\text{ТЯГ}}^P - \frac{P_{\text{П}} f_{\text{П}}}{2}. \quad (5)$$

ККД зворотного ходу:

$$\eta^1 = \frac{F_{\text{ТЯГ}}}{F_{\text{ТЯГ}}^P}. \quad (6)$$

Висновки. Проведення експерименту та обробка одержаних даних дозволила вивести наступні залежності:

- ККД гідроциліндра для зусилля, що тягне:

$$\eta_{\text{ТЯГ}} = 0,86 F_{\text{ТЯГ}}^{0,039};$$

- ККД гідроциліндра для зусилля, що штовхає

$$\eta_{\text{ШТОВ}} = 0,72 F_{\text{ШТОВ}}^{0,041}.$$

Аналіз отриманих залежностей дозволяє зробити висновок про те, що із збільшенням діаметру гідроциліндра, підвищується його коефіцієнт корисної дії незалежно від тиску у гідросистемі.

ЛІТЕРАТУРА

1. В. А. Марутов, С. А. Павловский. Гидроцилиндры. – Москва : Издательство «Машиностроение», 1966. – 171 с.
2. ГОСТ 18464-87. Гидроцилиндры, правила приемки и методы испытаний.

ВІДРІЗНИЙ СТАНОК З СИСТЕМОЮ СЛІДКУВАННЯ

Поліщук А.Г.,

Київський національний університет будівництва і архітектури
(Україна)

Актуальність дослідження. На сьогоднішній день для різання облицювальних плит, будівельних матеріалів із природного та штучного каміння найбільш ефективними є абразивні та алмазні інструменти, що забезпечують високу продуктивність і необхідну чистоту поверхні різі.

Процес різання природних та штучних кам'яних матеріалів здебільшого виконується в стаціонарних умовах. Для виконання таких операцій зазвичай використовуються стаціонарні станки, які практично не підлягають транспортуванню. В процесі виконання монтажних робіт виготовлені матеріали, що мають стандартні розміри, вимагають додаткової обробки безпосередньо на будівельних майданчиках. При виконанні операцій безпосередньо на будівельних майданчиках використовують ручні переносні інструменти в поєднанні з абразивними армованими та алмазними кругами.

Результати дослідження. Існує два види різання за допомогою алмазних та абразивних дисків – суха та волога. Волога різка використовується в першу чергу для обмеження кількості пилу. При цьому вона дозволяє працювати з матеріалом більш глибоко. Використовується, зокрема, для різання бетону. Для обробки каменю можуть використовуватися інструменти як для сухого, так і для вологого різання. Важливо враховувати те, що деякі алмазні ріжучі диски призначені виключно для використання з водою, тоді як інструменти сухого різання можна використовувати як з водою, так і без неї, залежно від інструменту і матеріалу, що розрізається.

З різноманіття відмінних особливостей при використанні для таких операцій абразивного інструменту особливе місце займає властивість його самозагострювання. Самозагострювання, як постійна властивість абразивного інструменту, характеризує наступними положеннями: 1 – на ріжучих кромках абразивного інструменту відбуваються два процеси - стирання або мікроруйнування ріжучих крайок, що означає їх затуплення, і процес макроруйнування крайок, тобто відновлення їх загостреної форми. Дією цих двох процесів і визначається ріжуча здатність інструменту; 2 – місцевим руйнування зерен відповідає обмежене самозагострювання закінчується притупленням зерен, об'ємною руйнування зерен а також відриву їх – необмежене самозагострювання до повного зносу інструменту.

Знос абразивного інструменту досить складне явище, залежне від багатьох факторів: властивостей абразивного матеріалу і його зернистості, геометричних параметрів круга, виду і режимних параметрів процесу обробки матеріалів, властивостей зв'язки і її твердості.

Аналіз причин зносу, що включає специфіку фізико-механічних процесів, які протікають в зоні контакту абразивного зерна з оброблюваним матеріалом, дає можливість встановити наявність декількох відособлених режимів зносу, виявити їх характерні області поширення, а також можливі схеми переходу з одного режиму в інший.

В процесі досліджень механізму роботи абразивного круга в залежності від умов його використання встановлено, що при роботі його без охолодження зношення інструмента виникає в основному за рахунок термомеханічного руйнування полімерної матриці так як круг може виконувати різку матеріалів різної міцності. При різанні з водяним охолодженням температура матриці зменшується принципово змінюючи механізм зношення круга. Під час різання переважає викришування затуплених абразивних елементів з його матриці в результаті їх ударної взаємодії з матеріалом який обробляють [1].

Самозагострення круга виходить в тому випадку, коли затуплені абразивні зерна викришуються з полімерної матриці так як виконується умова:

$$\sigma = \frac{P_y}{b^2} + \frac{G \cdot P_z \cdot (3x - h)}{3b^2 + 0,6h^3} > \sigma^{kp}, \quad (1)$$

де σ – максимальна напруга, що виникає в основі зерна, МПа; P_y , P_z – нормальна і тангенціальна складова зусилля різання, Н; b , x – параметри які характеризують зерно, м; h – глибина заглиблення зерна, м; σ^{kp} – міцність зв'язки круга.

Під час аналізу проведених досліджень постає задача при використанні абразивних армованих дисків на стаціонарних та переносних машинах зі збереження глибини різку в процесі самозагострення та зношення робочого елемента.

В КНУБА проведені роботи по визначенню силових параметрів і розроблена гамма переносних машин, робочим органом в яких є абразивні армовані круги діаметром 300; 400; 500 мм. Розроблена також спеціальна машина для різання будматеріалів, зокрема вогнетривів і природного каменю абразивними армованими кругами, які найбільш ефективні при різанні високоабразивних порід міцністю до 60 МПа, і алмазними дисками. Ця машина обладнана системами примусової подачі виробів і замкнутою циркуляцією води для знепилювання процесу різання та підвищення ефективності використання ріжучого інструменту. Також на ній встановлено систему слідування мета якої полягає у підвищенні якості роботи за допомогою системи автоматичного регулювання глибини різання в процесі зношення робочого органу.

Призначення слідувального гідроприводу – переміщувати навантажений робочий орган за заданим законом та із заданою швидкістю, забезпечуючи при цьому необхідне підсилення вихідної потужності.

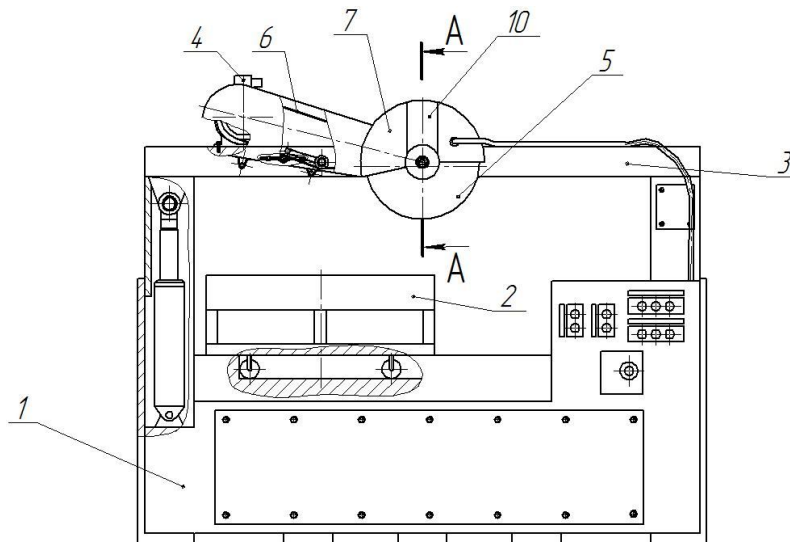


Рисунок 1 – Відрізний станок з системою слідування

Відрізний станок (рис. 1) з системою слідування складається зі станини 1, на якій встановлено робочий стіл 2, верхню частину рами 3 з двигуном 4, який з'єднаний з робочим органом 5, наприклад абразивним диском, через клинопасову передачу 6, та має захисний кожух 7 (рис. 2).

На бокових стінках захисного кожуха 7, що має вікна 8, 9, які виготовлені з прозорих матеріалів, розташовано фоторезистор 10. Фоторезистор 10 складається з лівої 11 та правої 12 основ. На правій 12 основі, що має підкладку 13, розташовано напівпровідниковий шар 14 з контактами 15 по краям для подачі напруги. На лівій 11 основі фоторезистора 10 розташований світловипромінювальний елемент 16 [2]. Контакти 15 фоторезистора 10 підключені до реле 17 електромагнітного розподільника 18, який включений в гідросхему.

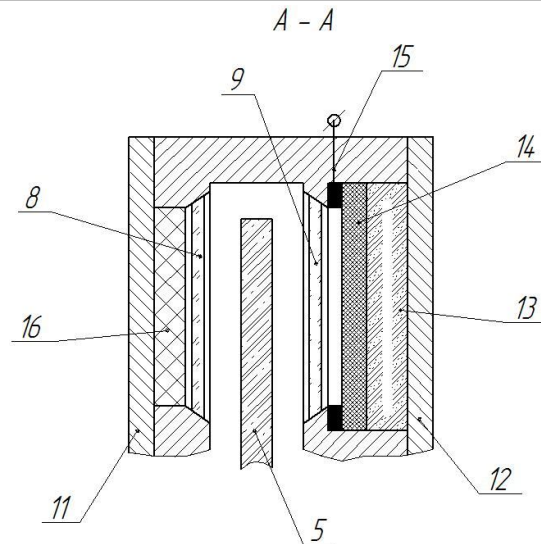


Рисунок 2 – Захисний кожух з вмонтованим фоторезистором

Гідросхема (рис. 3) має напірну 19 та зливну 20 магістраль, що підходять до гідроциліндрів 21, 22 підйому та опускання верхньої частини рами 3. Для забезпечення синхронної роботи гідроциліндрів 21, 22 на напірній магістралі 19, де встановлено гідрозамок 23, розміщений подільник потоку 24 та запірні клапани 25, 26. Щоб уникнути перевантаження гідросистеми до напірної 19 магістралі включені запобіжні клапани 27, 28 разом зі запірними 29, 30.

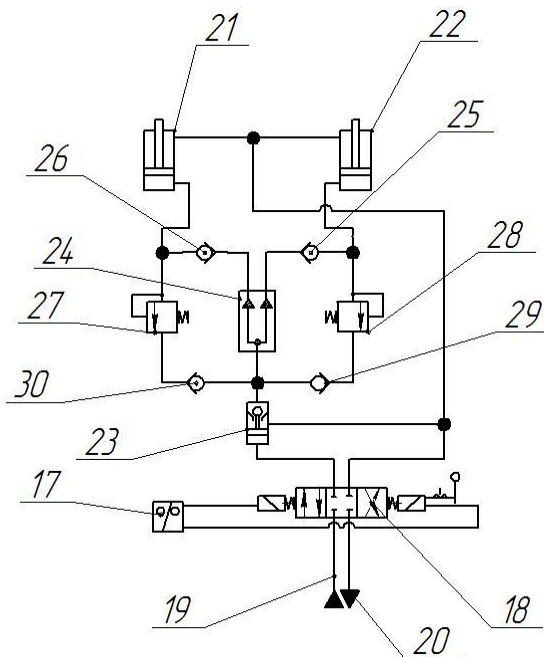


Рисунок 3 – Гідралічна схема

Відрізний станок з системою слідкування працює наступним чином.

Вмикаємо електродвигун 4, який, за допомогою клинопасової передачі 6, передає крутний момент до робочого органу 5. Перемиканням позицій електромагнітного розподільника 18 приводимо в дію гідроциліндри 21, 22 підйому та опускання верхньої частини рами 3 з робочим органом 5 станка та встановлюємо глибину різання. Електромагнітний розподільник 18 переключаємо в нейтральне положення. Робочий стіл 2, на якому встановлюється заготовка, подається в зону різання. Виконується процес різання під час якого, робочий орган 5, наприклад, абразивний диск, що встановлений на верхній частині рами 3, підлягає стиранню [3]. Таким чином, світловий потік, що

випромінює світловипромінюючий елемент 16 фоторезистора 10, який проходить через захисні вікна 8, 9 зі зменшенням робочого органу 5 збільшує своє потрапляння на напівпровідниковий шар 14. Відбувається розбалансування електричного сигналу, який через реле 17 здійснює перемикання позицій електромагнітного розподільника 18 та приводить в дію гідроциліндри 21, 22, що опускають верхню частину рами 3 станка разом з робочим органом 5 на задану глибину різання, після чого розподільник 18 повертається в нейтральне положення. Таким чином відрізний станок з системою слідкування забезпечує сталу глибину прорізи.

В процесі виконаної роботи було розроблено відрізний станок з системою слідкування, який дозволить більш ефективно виконувати обрізні операції безпосередньо як в стаціонарних умовах, так і при виконанні таких операцій на будівельних майданчиках. Конструкція станка дозволяє при цьому використовувати алмазні дискові пили або абразивні армовані круги як робочий орган. Станок обладнаний замкнутою системою циркуляції води, що забезпечує можливість охолодження та обезпилення процесу різання в залежності від встановленого робочого органу. Слідкуюча система станка забезпечує сталу глибину різання при використанні абразивних армованих кругів. На даний станок було подано заявку для отримання патенту України на корисну модель «Відрізний станок з системою слідкування» на яку отримано позитивне рішення від 26.03.12.

ЛІТЕРАТУРА

1. Исследование теплофизических свойств, абразивных армированных кругов // Труды ВНИИМСС, 1981.
2. Пашков Е. В., Осинчин Ю. А., Четверкин А. А. Электропневмоавтоматика в производственных процессах : учебное пособие. – Севастополь, 2003.
3. Голубинцев О. Н. Механические и абразивные свойства горных пород и их буримость. – Москва, 1968.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО АККУМУЛИРОВАНИЯ В КАЧЕСТВЕ РАБОЧЕГО ТЕЛА СУДОВЫХ ТУРБОАГРЕГАТОВ

Просянок В.В., Житаренко В.М.,

Азовский морской институт Одесской национальной морской академии
(Украина, г. Мариуполь)

Введение. Международное судоходство является причиной около 3% мировых объёмов выбросов парниковых газов, и, по данным ИМО, эта доля может увеличиться до 18% к 2050 г. Евросоюз пригрозил ввести свои собственные ограничения в правила судоходства, если ИМО не в состоянии сделать это самостоятельно. В июле 2011 г. 48 стран проголосовали за принятие обязательного расчётного показателя энергоэффективности (EEDI) для новых судов и плана внедрения EEDI для всех судов [1].

Евросоюз ради предотвращения климатических изменений намерен предложить мировому сообществу сократить к 2020 г. на 10 % (к уровню 2005 г.) выброс углекислого газа самолётами авиакомпаний и на 20 % – морским транспортом [2].

Актуальность исследования. С целью решения проблемы уменьшения выбросов парниковых газов, в судоходстве, предпринимаются различные технические решения.

Наиболее перспективным считается постройка судов, использующая в качестве топлива гидрат природного газа. Гидрат природного газа является твёрдым веществом, которое легче перевозить по сравнению с СПГ, а также выделяет меньше углекислого газа [3]. Применение данного вида топлива, однако, не полностью решает проблему выбросов парниковых газов и для полного перехода на данный вид топлива необходимо решить ещё много технических проблем.

Японская фирма MOL спустила на воду автомобилевоз Emerald Ace, способный сократить выброс CO₂ на 41 % по сравнению с существующими типами. Судно имеет большое количество солнечных батарей, благодаря которым предусмотрено обеспечение нулевых выбросов во время стоянки в порту [4]. Применение солнечной энергии в качестве дополнительного источника энергии, несомненно, будет развиваться, но полностью заменить органическое топливо пока вряд ли удастся.

Как и другие технологии, не использующие сжигание топлива, использование транспортных средств на сжатом воздухе позволяет уменьшить выбросы через выхлопные трубы, или переместить их на централизованные электростанции или вообще на ветроэлектростанции [5], что значительно уменьшает и облегчает процесс утилизации этих выбросов. Первым морским транспортом на сжатом воздухе была военная субмарина. 6 апреля 1863 г. была спущена на воду французская подводная лодка «Plongeur» [6]. Это была самая большая подводная лодка XIX века, первая в мире субмарина, которая имела механический привод гребного винта, мощность 80 л.с. (60 кВт) и автономностью плавания 9 км. Несмотря на то, что первые попытки оснастить морской транспорт двигателем, работающим на сжатом воздухе, предпринимались ещё в начале позапрошлого века, дальше нескольких прототипов дело до сих пор не заходило.

Целью представленной статьи является продолжение исследования применения аккумулялирования энергии сжатого воздуха, в качестве рабочего тела судовых турбоагрегатов, для уменьшения выбросов парниковых газов в судоходстве.

Основная часть. Системы пневматического аккумулялирования для водных транспортных средств ограничиваются применением короткого времени транспортировки и очень высокой мощностью разряда. Однако системы аккумулялирования со скользящими параметрами могут иметь превосходство над электрическими и механическими системами. Для повышения энтальпии сжатого воздуха и предотвращения выпадения влаги необходимо подогревать воздух перед воздушной турбинной установкой (ВТУ).

На рис. 1 представлений термодинамічний цикл ВТУ з «горячим» запасом і підогревом вихлопними газами ДВС.

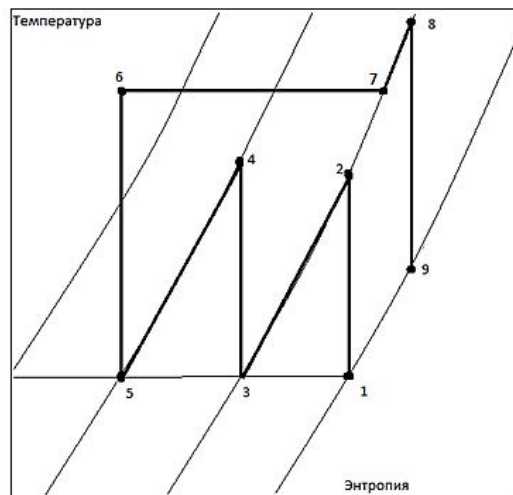


Рисунок 1–Термодинамічний цикл ВТУ: процес 1-2, 3-4, 5-6 – стиснення повітря в ступенях компресора, 2-3, 4-5 – проміжне охолодження, 6-7 – редукування, 7-8 – підігрів, 8-9 – розширення в ВТУ

Розроблена нами схема судової енергетическої установки (СЭУ) з ВТУ використовуюча пневматическе акумулювання представлена на рис. 2.

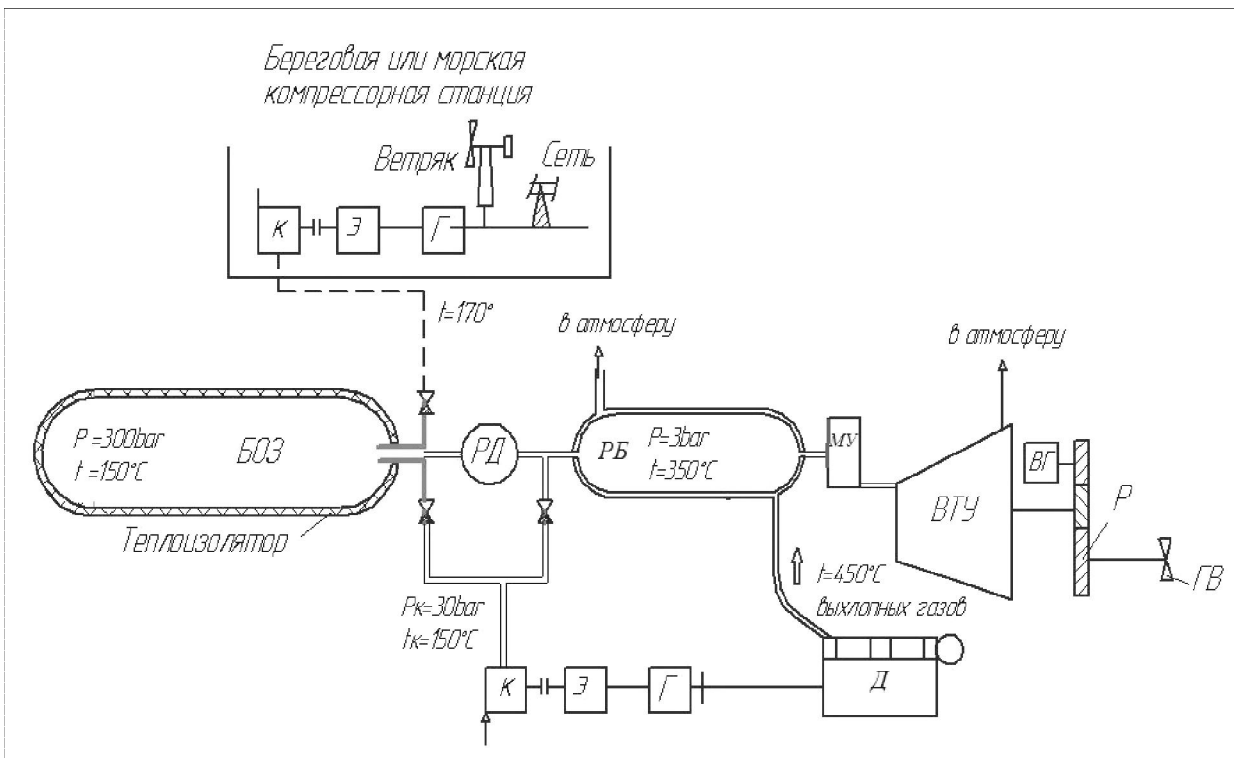


Рисунок 2 – Судова енергетическа установка з ВТУ

С берегової або водної компресорної станції закачується гарячий стиснутий повітря в бак основного запаса (БОЗ). Для зменшення втрат тепла БОЗ теплоізолюований. Далі повітря поступає в расходний балон (РБ) через редуктдавлення (РД) який зменшує тиску до необхідного значення. Повітря в расходному балоні підігрівається вихлопними газами працюючого допоміжного дизеля (Д). С допомогою маневрового устругейства (МУ) в залежності від режиму встановлюється необхідний расход повітря на багатоступенчатую турбину. В результаті розширення

воздуха турбина вращается с необходимой скоростью заданной МУ. Далее через понижающий редуктор (Р) приводится во вращение гребной винт (ГВ) для движения судна и валогенератор (ВГ) для производства электроэнергии. В СЭУ предусмотрено возможность пополнения сжатого воздуха при аварийных утечках или когда воздух в БОЗ запаса потерял необходимые рабочие параметры. С помощью компрессора (К) работающего от электроэнергии вырабатываемой генератором (Г) дизеля (Д) можно поддерживать минимальный уровень расхода воздуха для перемещения судна до заправочной станции.

Общий КПД СЭУ с ВТУ можно оценить как отношение работы расширения к работе сжатия [7, 8]:

$$\eta_{ВТУ} = \frac{L_{рас}}{L_{сж}} = \frac{m_{рас} \cdot R \cdot T_{1p} \cdot \left[1 - \pi_{рас}^{-m_{рас}}\right]}{m_{сж} \cdot R \cdot T_{1c} \cdot \left[\pi_{сж}^{m_{сж}} - 1\right]}, \quad (1)$$

где $L_{рас}$, $L_{сж}$ – работа сжатия и расширения; $\pi_{сж}$ – степень повышения давления при сжатии в компрессоре, T_{1c} – температура воздуха в начале процесса сжатия; T_{1p} – температура воздуха в начале процесса расширения; R – газовая постоянная воздуха;

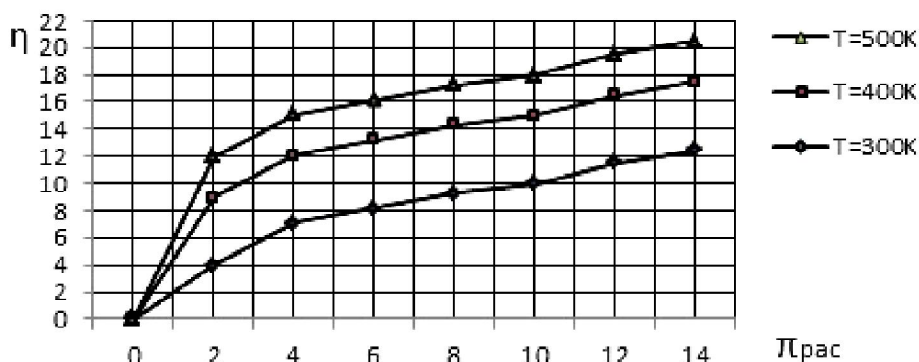
$\pi_{рас}$ – степень понижения давления в турбине; $m_{сж} = \frac{n_c - 1}{n_c}$; n_c – показатель политропы при

сжатии; $m_p = \frac{n_p - 1}{n_p}$; n_p – показатель политропы при расширении;

При многоступенчатом сжатии и одноступенчатом расширении с учётом КПД турбины η_m и КПД ступеней сжатия компрессора η_k формула (1) примет вид:

$$\eta_{ВТУ} = \frac{\eta_m \cdot m_{рас} \cdot R \cdot T_1 \cdot \left[1 - \pi_{рас}^{-m_{рас}}\right]}{\sum_1^n m_{сж} \cdot R \cdot T_1 \cdot \left[\pi_{сж}^{m_{сж}} - 1\right]} \cdot \frac{1}{\eta_k}. \quad (2)$$

Значение КПД при 3-х ступенчатом сжатии с $\pi_{сж} = 6,7$; $m_{сж} = 0,285$; $m_{рас} = 0,166$; $\eta_m = \eta_k = 0,7$; $\pi_{рас} = 12$; $T_{1сж} = 300$ К; $T_{1p} = 300$ К, имеет довольно низкую величину – 11,7 %. Реальный КПД СЭУ с ВТУ будет ещё ниже с учётом потерь на различных стадиях (сжатие, хранение, дросселирование, расширение). Зависимость КПД от температуры и степени расширения воздуха в турбине показана на рис. 3.



Рисисунок 3 – График КПД СЭУ с ВТУ

Из вышеизложенного следует, что для повышения КПД СЭУ с ВТУ необходимо повышать температуру воздуха перед турбиной и увеличивать степень расширения $\pi_{рас}$. Однако следует отметить, что в данной энергетической установке затраты энергии на сжатие и охлаждение вынесены за пределы судна. На стационарной компрессорной

станции есть возможность использовать альтернативные источники энергии, тепловое аккумулирование и другие способы уменьшения потерь. Очевидно, что в перспективе КПД СЭУ с ВТУ может достигнуть приемлемых значений.

Выводы:

1. При определённых условиях СЭУ с ВТУ может быть конкурентной двигательной установкой малых судов (дедвейт не более 5000 т.) с невысокой автономностью плавания (менее 150 миль), позволяющая на 70÷80 % снизить выбросы CO₂ по сравнению с традиционными двигателями.

2. Низкая эффективность СЭУ с ВТУ связана с большими затратами энергии при сжатии, охлаждении, нагреве рабочего тела.

3. Повышение КПД СЭУ с ВТУ до 30 % может быть достигнуто путём использования аккумулированной в процессе сжатия теплоты промежуточного охлаждения для нагрева рабочего тела.

Разработка судовых энергетических установок использующих альтернативные виды энергии с целью снижения выбросов выхлопных газов, несомненно, актуальна и перспективна. Применение пневматического аккумулирования в качестве рабочего тела пока ограничено рядом нерешённых технических проблем. Необходимо ещё много исследований и разработок, чтобы построить суда, работающие на сжатом воздухе, которые смогут сделать коренные изменения в выбросах углекислого газа в судоходстве, не жертвуя при этом необходимостью в практичности, оптимальной работе и ограниченных затратах.

ЛИТЕРАТУРА

1. ЕС хочет ограничить выбросы углекислого газа в судоходстве. – Режим доступа: <http://cfts.org.ua/news/42683>; Загл. с экрана.

2. DPD запускает программу по сокращению выбросов углекислого газа. – Режим доступа: <http://www.trans-port.com.ua/index.php?newsid=37082>; Загл. с экрана.

3. От судоверфей к морям: зелёные тенденции в судостроении. – Режим доступа: <http://www.flagmanshipping.com/fleetarticles/ot-sudoverfei-k-moryam-zelenye-tendentsii-v-sudost>; Загл. с экрана.

4. MOL спускает на воду гибридный автомобилевоз. – Режим доступа: <http://maritimezone.com/news/mol-launches-emerald-ace/>; Загл. с экрана.

5. Мокін Б. І. Екологічні та економічні аспекти створення повітряних акумулюючих електростанцій / Б. І. Мокін // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2006. – №5. – С. 95-103.

6. «Plongeur» французская подводная лодка // Википедия. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Plongeur>; Загл. с экрана.

7. Крутов В. И. Техническая термодинамика : учебник / под ред. В. И. Крутов. – М. : Высш. школа, 1991. – 384 с.

8. Кириллин В. А. Техническая термодинамика : учебник / В. А. Кириллин, В. В. Сычев, А. Е. Шейдлин – М. : Энергия, 1977. – 416 с.

ЕПОКСИДНІ КОМПОЗИТИ З КОМПЛЕКСОМ КЕРОВАНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ

Савчук П.П.,

Луцький національний технічний університет (Україна),

Косторнов А.Г.

Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України (Україна, м. Київ),

Давидюк О.І., Боярська І.В.,

Луцький національний технічний університет
(Україна)

Вступ. Використання композиційних матеріалів на полімерній основі є важливим фактором підвищення ефективності і подальшого розвитку провідних галузей техніки. Створення полімеркомпозиційних матеріалів з керованими властивостями є одним з базових напрямків розвитку сучасного матеріалознавства. Епоксидні композиційні матеріали (ЕКМ) та покриття на їх основі набули широкого застосування в світовій практиці для захисту технологічного устаткування, деталей машин й механізмів від зношування, корозії, перепадів температур в умовах сухого фрикційного контакту або впливу гідроабразивних середовищ. Завдяки сполученню в одному матеріалі речовин з різними фізико-хімічними, тепловими та механічними властивостями багатокомпонентні ЕКМ мають унікальні показники адгезійної міцності, зносо-, термо- та корозійної стійкості. Науковими працями І.В. Крагельського, А.Г. Косторнова, П.Н. Богдановича, Є.О. Пашенка, Ф.М. Фабуляка, П.Д. Стухляка, Є.М. Кальби, М.М. Братичака та інших був досягнутий значний прогрес у створенні нових полімерматричних мультинаповнених композиційних систем триботехнічного призначення, з підвищеними корозійно-міцнісними та теплофізичними характеристиками, в тому числі і на основі епоксидних зв'язуючих [1].

Актуальність досліджень. Однак, незважаючи на істотні успіхи в галузі матеріалознавства епоксидних композиційних систем, існує цілий ряд проблем, які ще вимагають свого рішення. Серед них найбільш актуальною є проблема забезпечення надійного з'єднання наповнювачів і полімерної матриці для досягнення комплексу необхідних властивостей і гарантування працездатності матеріалу протягом заданого терміну експлуатації. Розробка механізмів введення структурно-активних модифікаторів і наповнювачів при додатковій обробці інгредієнтів системи і композицій в цілому фізичними полями (ультразвукова, ультрафіолетова, високотемпературна обробки тощо) дозволяє максимально підсилити функціональні характеристики такого роду систем [1, 2].

Одним із перспективних напрямків досягнення високої зносостійкості є використання структурно-активних добавок, зокрема нанорозмірних часток в полінаповненій системі. Однак, до цього часу недостатньо вивчені механізми структурування та процеси, що відбуваються при формуванні та експлуатації мультинаповнених ЕКМ.

На сьогодні значна кількість публікацій присвячена оптимізації температурно-часових параметрів обробки епоксидних композитів. Поряд з цим практично відсутні роботи, в яких простежувався б кореляційний зв'язок між їх режимними параметрами та набутими експлуатаційними властивостями.

Важливим аспектом є також систематизація досліджень щодо особливостей фізико-хімічних перетворень для забезпечення керованості процесів, які сприяють підвищенню ресурсу роботи виробів на основі ЕКМ.

Постановка задачі. Метою роботи є визначення механізмів і кінетики структуроутворення та підвищення експлуатаційних властивостей модифікованих при додатковому прикладенні фізичних полів у процесі формування систем та створення на їх основі нових матеріалів з комплексом керованих властивостей.

Результати досліджень. При формуванні ЕКМ для забезпечення необхідних експлуатаційних властивостей використані епоксидно-діанова смола ЕД-20, твердник ПЕПА, модифікатори і комплекс функціональних наповнювачів. Фізичну модифікацію системи здійснювали шляхом ступінчастої термічної обробки композицій в діапазоні максимально можливих для таких матеріалів температур з наступним впливом енергетичними полями [1, 3]. Структуру ЕКМ оцінювали методом електронної та оптичної мікроскопії, а ступінь структурування за кількістю гель-золь фракцій. Термостійкість композитів вивчали методом диференційно-термічного аналізу. Фізико-механічні властивості композитів визначали за стандартними методиками.

У результаті комплексних досліджень розроблено науково-технологічні основи формування такого роду епоксидних мультинаповнених матеріалів, а також показані варіанти їх керованого функціонування [1, 3-5]. Шляхом виділення структурних і функціональних складових ЕКМ і зв'язків між ними запропоновані моделі побудови систем з різним ступенем дисперсності.

Обґрунтовано шляхи управління структурою та властивостями мультинаповнених ЕКМ з різним ступенем дисперсності, встановлено закономірності реалізації механізмів структурування залежно від природи і морфологічних особливостей інгредієнтів системи та їх кількісного співвідношення.

Розроблено основні варіанти управління процесами структуризації епоксидних композитів шляхом регулювання структури з використанням різного якісного та кількісного складу модифікаторів і наповнювачів, а також застосування фізичного модифікування. Введенням в полімерматричну систему комплексу інгредієнтів отримані матеріали зі стабільними фізико-механічними та експлуатаційними характеристиками. Показано ефективність додаткової комплексної ультразвукової, височастотної та ультрафіолетової обробки композицій на стадії формування для підвищення ступеня структурованості та функціональної стабільності властивостей ЕКМ.

Комплексний УЗ- та УФ вплив дозволив підвищити ступінь структурування ЕКМ ($G = 95,7\%$) внаслідок утворення додаткових вузлів зшивання між активними групами на поверхні наповнювача та функціональними групами епоксиполімерної компоненти.

Обробка у фізичних полях ініціювала також підвищення фізико-механічних характеристик композитів. Вищі значення адгезійної міцності, межі міцності при стисканні та твердості отримано після обробки ультрафіолетовим опроміненням полімерної матриці на стадії формування в порівнянні з ультразвуковою обробкою. Ми пов'язуємо це з формуванням нових функціональних груп внаслідок крекінгу макромолекул, що призводить до утворення додаткових вузлів зшивання, а також з підвищенням впорядкованості системи, оскільки обробка ультразвуком забезпечила додаткове механічне перемішування складових на мікрорівні. Це в свою чергу призвело до зменшення кількості пор в обробленому композиті, що підтверджено результатами фрактографічного аналізу.

При оптимізації впливу енергетичних полів на властивості ЕКМ-систем показана наявність зв'язку між інтенсивністю фізичного модифікування, його послідовністю і якістю набутих матеріалами властивостей, який підсилюється при збільшенні ступеня наповнення композицій.

Зокрема, структурна модифікація та комплексна обробка композицій забезпечила підвищення зносостійкості в 1,6-1,8 раз. Встановлено кореляцію між триботехнічними і фізико-механічними характеристиками досліджуваних систем, зокрема пропорційне зростання показників зносостійкості, границі міцності при стисканні при збільшенні температури полімеризації до 483 К, а також їх підвищення при комплексній обробці фізичними полями, що особливо відчутно при жорсткіших режимах фрикційного навантаження ($P \geq 1$ МПа).

Висновки. Показано, що розроблені ЕКМ володіють високою конструкційною міцністю, зносо-і корозійною стійкістю в порівнянні з аналогічними вітчизняними

системами. Розроблено пропозиції щодо використання створених матеріалів з керованими властивостями у відповідних умовах експлуатації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Савчук П. П., Кашицький В. П., Садова О. Л. Наукові передумови та світова практика реалізації явища «вибіркового перенесення» в полімеркомпозитах при навантаженні тертям // Наукові нотатки. – Луцьк, 2011. – С. 236-240.
2. Стухляк П. Д., Букетов А. В., Добротвор І. Г. Епоксикомпозитні матеріали, модифіковані енергетичними полями. – Тернопіль : Збруч, 2008. – 208 с.
3. Савчук П. П., Косторнов А. Г. Закономерности регулирования структуры и свойств защитных эпоксидных композиционных покрытий // Фізико-хімічна механіка матеріалів. Спеціальний випуск № 7. Проблеми корозії та протикорозійного захисту матеріалів. – 2008. – С. 453-456.
4. Боярська І. В. До питання про структурування епоксидних композитів у фізичних полях / І. В. Боярська, П. П. Савчук, В. П. Кашицький // Науковий вісник ХДМІ : Науковий журнал. – Херсон: Видавництво ХДМІ, 2011. – № 2 (5). – С. 184-190.
5. Савчук П. П. Особенности создания эпоксидных композиционных покрытий с комплексом управляемых свойств / П. П. Савчук, И. В. Боярская, А. И. Давыдюк // Порошковая металлургия: инженерия поверхности, новые порошковые композиционные материалы. Сварка : сб. докл. Международного симпозиума, (10-12 апреля 2013 г). – В 2 ч. Ч.2 – Минск, 2013. – С. 303-305.

ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ФОРМУВАННЯ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ТРИБОТЕХНІЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ З ВИСОКИМИ МЕХАНІЧНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Садова О.Л., Кашицький В.П., Савчук П.П.,
Луцький національний технічний університет
(Україна)

Вступ. Значне зношування і руйнування поверхонь тертя при низьких режимах навантаження може відбуватися в основному за низької конструкційної міцності матеріалу. Підвищене зношування порушує нормальну роботу деталей у трибовузлах, призводить до катастрофічного руйнування матеріалу та відповідно поломки машини або механізму. Досить часто з підвищеним зношуванням відбувається зниження продуктивності роботи, збільшується розхід електроенергії або палива, що призводить до значних матеріальних і енергетичних втрат.

Актуальність досліджень. Значення трибоматеріалознавства як науки останніми роками постійно зростає, що обумовлено підвищенням вимог до надійності і довговічності машин, механізмів, приладів, обладнання, інструменту, які працюють в складних умовах різного роду навантажень і впливу агресивних середовищ. В зв'язку із цим задачі розробки або вдосконалення матеріалів й покриттів триботехнічного призначення є актуальними на даний час. Розв'язок даних задач дозволяє підвищити ресурс працездатності вузлів тертя, ефективніше використовувати сировину, економити дефіцитні метали [1]. Перспективним напрямком залишається розробка композиційних трибоматеріалів на основі полімерних зв'язуючих, зокрема на основі епоксидних смол, які вирізняються високою технологічністю та адгезійною здатністю. Також застосування як матриці епоксиполімерів дозволяє підвищити корозійну стійкість вузла тертя та знизити його масу. Актуальною задачею в процесі розробки трибоматеріалів є вивчення процесів самоорганізації у вузлах тертя, які виникають за рахунок формування нових стійких структур в процесі експлуатації трибопари та сприяють стабілізації фрикційних параметрів [2, 3]. Реалізація явища вибіркового перенесення на поверхні трибоконтакту при застосуванні спеціальних наповнювачів забезпечує самозмазування трибовузла [4-6] та дозволяє відмовитись від використання високовартісних мастильних матеріалів.

Постановка задачі. Метою роботи є розробка складу та визначення вмісту компонентів епоксикомпозиційного матеріалу триботехнічного призначення з високими показниками конструкційної міцності та зносостійкості, що працездатний в складних умовах трибонавантаження.

Результати досліджень. Для оптимізації складу епоксикомпозиту важливо було оцінити вплив компонентів на фізико-механічні характеристики системи. Експериментально встановлено, що при збільшенні вмісту порошків міді і дрібнодисперсної бронзи від 4 мас. ч. до 8 мас. ч. в епоксикомпозитах спостерігається підвищення адгезійної міцності. Для композитів, наповнених дрібнодисперсною бронзою, максимальне значення адгезійної міцності ($\sigma_a = 5,88$ МПа) зафіксовано при вмісті порошку в кількості 12 мас. ч. Низькі значення даної характеристики при менших ступенях наповнення пояснюються недостатньою кількістю вузлів зшивання матриці та наповнювача, що підтверджується адгезійно-когезійним характером руйнування клейового шва.

Експериментально встановлено, що найвища міцність при стисканні ($\sigma_{ст} = 101,91$ МПа) характерна для епоксикомпозитів, наповнених порошком дрібнодисперсної бронзи при вмісті наповнювача 8 мас. ч. При менших ступенях наповнення матеріал має недостатній опір статичним навантаженням, а при більших відбувається утворення агломератів в епоксикомпозиті, що погіршує змочуваність частинок. Для композицій наповнених порошком Si спостерігається підвищення даної характеристики із збільшенням його вмісту, що свідчить про збільшення активності взаємодії полімерної матриці з наповнювачем.

З метою досягнення високих триботехнічних властивостей епоксикомпозитів науковий інтерес представляло дослідити вплив довжини та вмісту вуглецевого волокна на міцність при стисканні та адгезійну міцність. Виявлено, що максимальну міцність при стисканні ($\sigma_{ст} = 72,61$ МПа) мають епоксикомпозити з вмістом волокна 1,5 мас.ч. та довжиною 4 мм, а найменшу – з вмістом 2,5 мас.ч. та довжиною 6 мм. Це пояснюється тим, що довжина волоком 2 мм є недостатньою перешкодою при поширенні тріщини, а довші волокна (6 мм) – нерівномірно розміщуються в матриці через високу в'язкість системи. Адгезійна міцність для епоксикомпозитів з ступенями наповнення 1,5 мас. ч. і 2,5 мас. ч. зростає із збільшенням довжини волокна від 2 до 6 мм. Для зразків із наповненням 2 мас.ч. спостерігається антибатна залежність. Максимальне значення ($\sigma_a = 32,00$ МПа) при даному вмісті зафіксовано для довжини 2 мм. Високе значення інтенсивності зношування епоксикомпозиту наповненого оксидом міді в кількості 150 мас. ч. пов'язано з його низькою міцністю при стисканні ($\sigma_{ст} = 57,32$ МПа). Катастрофічне зношування також спостерігається і для зразків наповнених порошками міді, оскільки формування зв'язків між активними центрами епоксидної складової та частинками наповнювача відбувається не в повній мірі. Крім того, при високому вмісті наповнювачів відбувається утворення конгломератів, які перешкоджають змочуванню наповнювачів епоксидним в'язучим, в результаті чого вони стають концентраторами напружень, які призводять до руйнування епоксисистеми.

Висока зносостійкість епоксикомпозиту наповненого порошком бронзи пояснюється високою конструкційною міцністю матеріалу при оптимальному вмісті наповнювача. При терті даного епоксикомпозиту спостерігається зменшення інтенсивності зношування за рахунок вибіркового перенесення відновленої міді з епоксикомпозиту на сталеву поверхню контртіла. В результаті даного ефекту на поверхні контртіла починають утворюватись фрагменти плівки, яка характеризується низьким опором зсуву та легко відновлюється в процесі трибозаємодії. Після покриття поверхні тертя мідною плівкою пара тертя епоксикомпозитний матеріал-сталь перетворюється на пару мідь-мідь і процес перенесення міді сповільнюється.

Висновки. Високу навантажувальну здатність та зносостійкість розроблених епоксикомпозитних матеріалів забезпечено за рахунок введення до їх складу в оптимальному співвідношенні вуглецевого волокна (2 мас.ч.), порошку оксиду міді (100 мас.ч.) та порошку дрібнодисперсної бронзи (8 мас.ч.), які здатні реалізувати ефект вибіркового перенесення при навантаженні тертям.

ЛІТЕРАТУРА

1. Лабунець В. Ф., Братица Л. С., Климова Т. С., Медведева Н. А. Материаловедение – основа развития современной триботехники // Проблемы тертя та зношування. – К. : «НАУ-друк», 2010. – Вип. 53. – С. 34-41.
2. Избирательный перенос в тяжело нагруженных узлах трения / Под ред. Д. Н. Гаркунова. – М. : Машиностроение, 1982. – 207 с.
3. Савчук П. П. Наукові і технологічні основи створення та керованого функціонування епоксидних композитів з різним ступенем наповнення : дис... д-ра техн. наук: 05.02.01 – Київ : ІПМ, 2010. – 320 с.
4. Кашицький В. П., Савчук П. П., Будкіна О. Л., Редько Р. Г. До питання про реалізацію ефекту вибіркового перенесення в епоксикомпозитах, додатково наповнених оксидами міді // Науковий вісник ХДМІ : науковий журнал. – Херсон: Видавництво ХДМІ, 2011. – № 1 (4). – С. 190-197.
5. Савчук П. П., Кашицький В. П., Садова О. Л. Наукові передумови та світова практика реалізації явища «вибіркового перенесення» в полімеркомпозитах при навантаженні тертям // Наукові нотатки. – Луцьк, 2011. – С. 236-240.
6. Кашицький В. П., Савчук П. П., Садова О. Л. Трибологічні процеси та структурні перетворення в поверхневих шарах полімеркомпозитів при навантаженні тертям // Проблеми трибології. – Хмельницьк, 2011. – №4 (62). – С. 103-107.

МЕТОДИКА ЭВРИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ КОРАБЛЕЙ И СУДОВ

Свешников В.В.,

Академия военно-морских сил имени П. С. Нахимова
(Украина, г. Севастополь)

Введение. В настоящее время идёт процесс бурного развития нового оружия, вооружения и технических средств, меняющие облик кораблей и судов (КиС), их цели и задачи, что приводит к появлению новых типов и развитию имеющихся плавсредств. Поэтому корабельные и судовые системы (КСС) в той или иной степени не отвечают современным требованиям эффективности их функционирования. Это приводит к тому, что КиС в боевых (экстремальных) (БУЭ), аварийных (АУЭ) и даже некоторых повседневных (ПУЭ) условиях эксплуатации не всегда могут выполнить поставленные перед ними задачи, снижая тактико-технические свойства корабля и судна.

Раньше была разработана методика эвристического анализа работоспособности корабельных систем, на основании которой и были проведены первые исследования работоспособности различных основных общекорабельных систем [1, 2]. После многолетних дальнейших исследований [3], была переработана и уточнена новая методика, также учитывающая и функциональность судовых систем.

Актуальность исследований. Простота подхода к эффективности механических систем (что может быть сложного в трубе, клапане, насосе...) привело к тому, что возникла необходимость в качественной оценке их эффективности, влияющей на технические и тактико-технические характеристики КиС. Одним из подходов к этому вопросу является переработанная и уточнённая методика эвристического анализа, позволяющая довольно точно умственно проанализировать системы с точки зрения их эффективного функционирования в различных условиях эксплуатации.

Постановка задачи. Целью эвристического анализа КСС, является выявление соответствия поставленных перед ними задач и способность КСС выполнять их.

Задачи анализа: определение целей и задач возлагаемых на КСС; определение состава и структуры КСС, обеспечивающих выполнение поставленных целей и задач; выявление функциональных возможностей КСС в ПУЭ, АУЭ и БУЭ; выработка оценочных суждений относительно пригодности КСС к решению поставленных перед ними задач.

Последовательность эвристического анализа.

1. Определить необходимость установления конкретной КСС на корабле и судне (КиС). Выявить цели КСС. Если она совмещает в себе несколько КСС, то необходимо отделить ту часть, которая выполняет основную (определённую по ГОСТу) цель.

2. Определить задачи, стоящие перед конкретной КСС. Определить идеальный (желаемый) результат функционирования для достижения поставленной цели КСС и выявить при этом необходимый минимальный набор элементов КСС (активных средств), а также указать, возможно, излишние или недостающие элементы КСС, и способы их использования.

Желаемый результат необходимо выражать в форме определённых параметров (полезный результат, затраченные ресурсы и время).

3. Выявить все схемные решения и структуру КСС (принцип и схемы построения). Определить состав КСС (её элементов, функциональных групп). При этом выявить структуру функциональных групп и их расположение.

Выявить в процессе анализа других КСС те из них, которые выполняют функции данной исследуемой КСС. Определить её состав для выполнения исследуемой цели.

Определить способы управления КСС: местное; дистанционное; ручное; электрическое; пневматическое; гидравлическое; комбинированное; автоматическое; автоматизированное.

4. Выявить все режимы функционирования (стратегии) КСС. При этом выявить: органы управления системой (человек, автоматика); какие активные средства участвуют в данном режиме функционирования; выявить что является объектом воздействия (КиС, его оборудование или корпусные конструкции, явления или процессы происходящие в них).

5. Определить группу факторов, влияющих на качество исследуемой КСС: условия функционирования; способы использования (применяемости).

В зависимости от сложности КСС необходимо рассмотреть следующие её уровни качеств, которые определяются как совокупность полезных, с точки зрения целевого назначения, свойств системы:

1) устойчивость – надёжность, живучесть и безопасность КСС. *Надёжность* КСС необходимо рассматривать с точки зрения работоспособности и структуры этой системы, резервирования её активных средств в условиях ПУЭ. *Живучесть* КСС необходимо рассматривать с точки зрения выполнения режима функционирования при нахождении её в условиях повышенной температуры (пожара), затопления, загазованности, наличия отравляющих и радиоактивных веществ, бактериальных средств, разрушения элементов КСС, потери информации (выходе из строя контрольно-измерительных приборов), потери управления (выход из строя органов и цепей управления), выхода из строя членов экипажа в условиях АУЭ и БУЭ. *Безопасность* рассматривается с точки зрения защищённости эксплуатируемых технических средств и экипажа, эксплуатирующего КСС в условиях ПУЭ, АУЭ и БУЭ. При этом учитывать воздействие защищённости техники и человека от воздействия различных поражающих факторов (взрывы, вода, пожар, давление, газы и др.);

2) помехоустойчивость – надёжность каналов связи в системах получения информации (датчики, элементы связи, сигнализирующие о функционировании КСС) и управления (органы управления, исполнительные органы, объекты управления КСС и элементы связи между ними) в условиях ПУЭ, АУЭ и БУЭ;

3) управляемость – гибкость управления КСС (возможность управления различными способами), оперативность её управления (быстрота пуска, остановки и изменения режима), а также возможность выработки решения в различных ПУЭ, АУЭ, БУЭ;

4) способность системы – как КСС выполняет поставленную цель при ПУЭ, АУЭ, БУЭ, что определяет потенциальную эффективность КСС, выражающуюся в её экономичности режимов работы, потребления ресурсов и времени, не вызывая при этом нарушения экологии. *Экономичность* – необходимо рассматривать с точки зрения соответствия характеристик механизмов и аппаратов (мощности, КПД, расхода, давления, температуры и др.) полезной нагрузки потребителей (элементов КС на которые работаем механизм или аппарат). *Экологичность* – необходимо рассматривать с точки зрения воздействия негативных факторов на экипаж (шум, вибрация, температура, давление, поражающие жидкости и газы и др.) и загрязнение окружающей среды (твёрдые, жидкие и газообразные вещества и др.).

При рассмотрении качеств КСС необходимо определить качество элементов (активных средств), используемых при выполнении поставленной цели.

Необходимо сравнить установленные (требуемые к установке) элементы КСС с положениями общих тактико-технических требований и требований к их проектированию. При этом основное внимание необходимо уделять: потреблению ресурсов (получения механической энергии, питание электроэнергией, сжатым воздухом, жидкостью под давлением или вакуумом и др.); времени их функционирования без обслуживания; полезным эффектом при выполнении конкретного режима

функционирования (выполняет элемент поставленную задачу или нет, в какой степени, достаточно ли одного элемента при этом и т.д.).

Сравнение всех элементов необходимо проводить в ПУЭ, АУЭ и БУЭ.

6. Определить группу факторов, влияющих на условия функционирования исследуемой КСС.

Условия функционирования следует рассмотреть с точки зрения воздействия: наличия и характера ограничений на процесс функционирования КСС (что мешает выполнять в полном объёме те или другие режимы функционирования); состояния и возможности структуры КСС (соответствие построения КСС и её функциональных групп выполнению цели); природно-климатических условий (землетрясение, цунами, извержение вулкана, метеорологическая обстановка и др.); географического месторасположения (высокие, умеренные и низкие широты нахождения КиС); обеспеченности ресурсами (механической, электрической, гидравлической, пневматической, ядерной и др.); действием врагов или вредителей (возможность, характер и способы целенаправленного противодействия при эксплуатации КСС) или экипажа (несогласованность в оценке состояния и неправильного управлении КСС на одинаковых и различных уровнях); наличием и видами различного рода ограничений (экономических, социальных, экологических и др.).

При этом необходимо рассмотреть воздействие условий функционирования на каждый элемент КСС и стойкость его к этим воздействиям и определить, как снижается функционирование КСС.

7. Определить группу факторов, влияющих на способы использования (применяемости) исследуемой КСС. Эти факторы определяют (задают) порядок и приёмы использования КСС для решения поставленной цели.

Каждой КСС присущи свои специфические способы применения, которые характеризуются совокупностью соответствующих факторов. Необходимо определить: распределение частных задач и выделенных ресурсов между элементами КСС (каким образом и как используются, хватает ли этих ресурсов для достижения цели); пространственно-временная последовательность выполнения отдельных действий (алгоритм и место воздействия экипажа или автоматики на подготовку, выполнение и завершение режима функционирования); способы управления (кем, как и откуда происходит управление КСС и её элементами); способы связи и взаимодействия между элементами КСС (каким образом получается информация и происходит управление); режимы и регулярность использования КСС (в каких режимах и как часто используется).

8. Определить реальный результат функционирования КСС в соответствующем режиме её работы.

Рассмотреть работу КСС при различных условиях функционирования её элементов и использования ресурсов: нормальные условия по техническим условиям эксплуатации; заливание или затопление водой; повышенная температура или нахождение в пламени огня; повышенное давление или вакуум; выход из строя контрольно-измерительных приборов и органов управления; загазованность; разрушение элементов КСС; выход из строя экипажа.

9. Определить изменения полезного эффекта каждого элемента КСС (если оно происходит), изменение затраченных ресурсов (или их отсутствие), изменение затраченного времени (если оно присутствует). Полезный эффект ухудшается если: выходит из строя (ухудшает свои параметры) элемент КСС, в том числе каналы информации и управления, экипаж и автоматика; не хватает (отсутствуют) ресурсов, затрачиваемых КСС на выполнение определённого режима функционирования, особенно при неспецифических условиях эксплуатации; изменяется (сокращается, увеличивается) время, необходимое для достижения цели функционирования, в зависимости от условий окружающей среды, состояния КиС.

При этом эффективность КСС оценивается в зависимости от её потенциальной эффективности (работа её в идеальных условиях эксплуатации в расчётном, т.е. номинальном режиме).

10. Определить эффективность КСС в различных условиях эксплуатации. Таких как: ПУЭ (нормальных), т.е. в условиях, когда возможны аварийные поломки элементов КСС, не ухудшающие безопасность и экологию; АУЭ, т.е. в условиях отличных от технических условий эксплуатации КСС и её элементов (в условиях аварий); БУЭ, т.е. в условиях выполнения КиС боевой задачи или в условиях природных катаклизмов.

При оценке эффективности необходимо рассмотреть все варианты функционирования КСС (в том числе и альтернативные режимы) для достижения конкретной цели функционирования. Выявить пригодность заданного способа действий и приспособленность данной КСС к решению задач в определённых условиях функционирования.

Главное в анализе эффективности – это выявить наиболее эффективную работу заданной КСС в тех или иных условиях функционирования (ПУЭ, АУЭ или БУЭ).

Эффективность КСС определяется также рациональным использованием средств для повышения устойчивости, помехоустойчивости, управляемости и способности КСС. При этом могут встать проблемы, для которых выдвигаются альтернативные цели. Такие как: отказ от существующей КСС, и замена её новой, более усовершенствованной; повышение устойчивости, помехоустойчивости, управляемости и способности КСС до требуемого уровня; улучшение условий эксплуатации существующей КСС.

Эффективность режима функционирования оценивают, в основном, работает или не работает данная КСС в рассматриваемом режиме функционирования, выполняет или нет поставленную задачу в течение заданного периода времени.

11. В заключение анализа делаются выводы, в которых отражают такие данные как: выполняет или нет исследуемая КСС возлагаемую на неё задачу; правильно ли определены состав и структура КСС, для обеспечения поставленных задач; достаточное ли качество элементов КСС и как оно влияет на её функционирование; определяют критерии (показатели) эффективности функционирования КСС в различных условиях эксплуатации, которые устанавливаются руководящими документами; выполняются ли все режимы эксплуатации в различных условиях функционирования КиС; каковы функциональные возможности КСС в ПУЭ, АУЭ и БУЭ; какова пригодность заданного способа управления и приспособленности КСС к решению поставленных перед ней задач.

Выводы. Представленная методика позволяет разносторонне и качественно проводить первичный анализ эффективности функционирования общекорабельной (общесудовой), энергетической или специальной системы в различных условиях эксплуатации различных КиС. Она может использоваться для анализа существующих, проектируемых и модернизированных КСС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Эвристический анализ работоспособности основных общекорабельных систем подводных лодок, боевых надводных кораблей и судов : отчёт о НИР (промежуточ.) : СВМИ ; Рук. Свешников В. В.; исполн. Свешников В. В., Крынцыло В. А., Харицкая А. М. – Севастополь, 1997. – 249 с.

2. Эвристический анализ работоспособности основных общекорабельных систем подводных лодок, боевых надводных кораблей и судов в боевых и аварийных условиях эксплуатации : отчёт о НИР (промежуточ.) : СВМИ ; Рук. Свешников В. В.; исполн. Свешников В. В., Крынцыло В. А., Харицкая А. М. – Севастополь, 1998 – 134 с.

3. Розробка методики оцінки ефективності загальнокорабельних систем: отчёт о НИР (закл.) : СВМИ ; рук. Свешников В. В.; исполн. Свешников В. В. – Севастополь, 2005. – 131 с.

ЭВРИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ВОДЯНОЙ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СИСТЕМЫ ВОДОЛАЗНОГО БОТА

Свешников В.В., Остролицкий К.А.,
Академия военно-морских сил имени П. С. Нахимова
(Украина, г. Севастополь)

Введение. Пожары и взрывы на современных судах относятся к одним из самых опасных происшествий, приводящих к авариям и катастрофам. Последствием пожаров и взрывов является выход из строя частично или полностью судовых технических средств и членов экипажа, вплоть до потери их работоспособности и гибели. Поэтому противопожарной защите уделяется очень большое внимание [1].

Первой системой, появившейся на судне, была водопожарная система (ВПС), которая предназначена для тушения пожара (ТП) путём подачи воды на очаг пожара в виде компактных или распылённых водяных струй от переносных или стационарных пожарных стволов (ПС) [2]. Эта система является основной пожарной системой на судне, т.к. ТП водой довольно эффективно, она безопасна для человека и за бортом её неограниченное количество.

Большим недостатком использования ВПС является невозможность тушения огня при включённом электрооборудовании и электронных приборов, что может привести к короткому замыканию и возникновению аварии или вторичному очагу пожара.

Актуальность исследований. В настоящее время ВПС обеспечивает не только ТП с помощью переносных и стационарных ПС, но и другие водяные системы пожаротушения, а также работу некоторых общесудовых и энергетических систем. Это приводит к тому, что эффективность ВПС в экстремальных (ЭУЭ), аварийных (АУЭ) и даже повседневных (ПУЭ) условиях эксплуатации часто не достигает необходимого уровня, например [2]. Т.е., налицо проблема функционирования ВПС в ЭУЭ и даже АУЭ.

Постановка задачи. Целью работы является выявление соответствия поставленных перед ВПС водолазного бота (ВБ) проекта 535 задач и её способность выполнять их [3]. Задачи исследования – определение необходимости установления ВПС и задач, возлагаемых на неё; определение состава и структуры ВПС, обеспечивающих выполнение поставленных целей и задач; выявление функциональных возможностей ВПС в ПУЭ, АУЭ и ЭУЭ; выработка оценочных суждений относительно пригодности ВПС ВБ к решению поставленных перед ними задач.

Результаты исследования. Методика проведения эвристического анализа опубликована в данном сборнике. Из-за ограниченного объёма в работе даны только самые основные результаты. Принципиальная схема ВПС ВБ представлена на рисунке.

1. ВПС на ВБ необходимо устанавливать, как основной способ ТП водой в помещениях и вне их. ВПС совмещена с другими общесудовыми системами, но её основная цель – обеспечение взрывопожаробезопасности, локализация и ТП на ВБ.

2. Задачи ВПС – подача воды к пожарным концевым клапанам (ПКК) внутри помещений и вне корпуса ВБ за минимально возможное время, исключая развитие и распространение пожара по ВБ. Идеальным (желаемым) результатом функционирования ВПС является подача воды к любому очагу пожара от пожарного насоса (ПН) к двум-тремя ПКК одновременно, обеспечивая максимальную подачу воды.

3. ВПС выполнена по централизованному принципу и линейной схеме построения. Она состоит из одного автономного (АУ) и двух отключаемых (ОУ) участков, имеет 9 ПКК (4 находятся на АУ, 2 из которых – в машинном отделении (МО), 4 – на носовом ОУ и 1 – на кормовом ОУ). Из них 5 находится в отсеках (3 отсека ПКК не имеет), а остальные – в надстройке и на верхней палубе в корме. АУ имеет одну насосную установку с одним ПН с электроприводом, одной грязевой коробкой, отключаемые от системы своей арматурой, одним приёмным кингстоном (ПК) и одним трубопроводом

нулевого расхода (ТНР) с одним отливным кингстоном (ОК) и одним невозвратно-запорным клапаном. Подключение ПН к магистрали ВПС производится невозвратно-запорным клапаном.

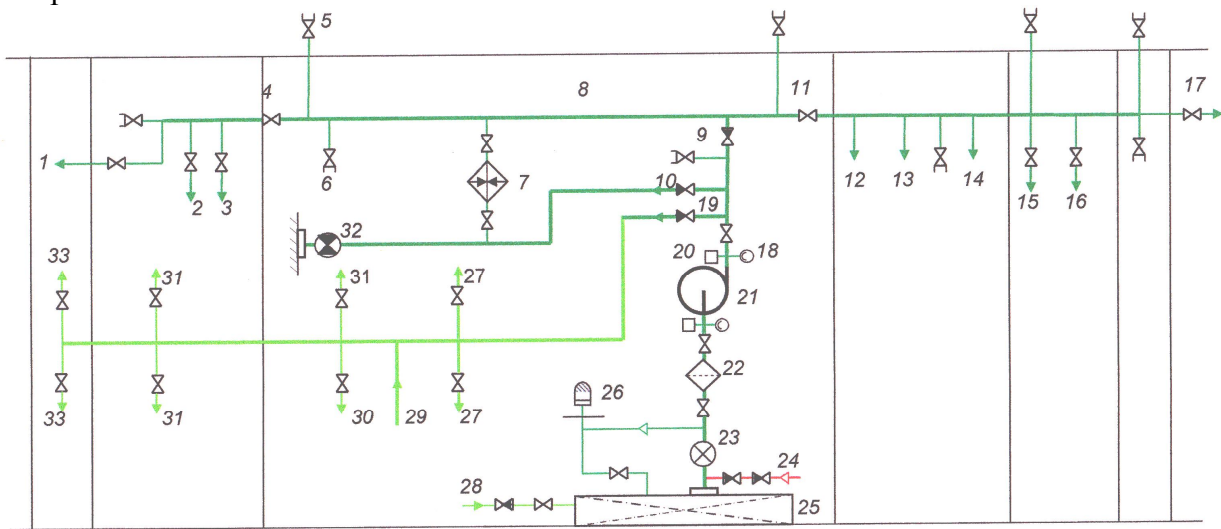


Рисунок – Принципиальная схема ВПС ВБ проекта 535:

1, 3, 12, 27, 30, 31 и 33 – охлаждение блока осушки, охлаждение холодильников гопкалитовых приставок, гирокомаса, главного двигателя, главного упорного и опорных и дейдвудных подшипников; 2 – заполнение шкафа осветительных ракет; 4 и 11 – разобшительные клапаны; 5 и 6 – ПКК; 7 – воздухоохладитель; 8 – магистральный трубопровод; 9 – пожарный клапан; 10 – от НГР; 13 и 16 – эжекторы сточной и хозяйственно-бытовой систем; 14 и 15 – цистерны фекальных и сточных вод; 17 – обмыв якорной цепи; 18 и 20 – манометр (мановакуумметр) и датчик давления (ДД); 19 – клапан аварийного охлаждения; 21 – ПН; 22 – грязевая коробка; 23 – ПК; 24 – паровое продувание; 25 – кингстонный ящик (КЯ); 26 – головка воздушного трубопровода; 28 – промывка КЯ; 29 – от насоса охлаждения; 32 – ОК ТНР

Подача одного ПН позволяет подавать воду в количестве $\sim 40 \text{ м}^3/\text{ч}$ к трём ПКК с тремя комбинированными ПС диаметром 12 мм и рабочим давлением в ВПС $6,5 \div 7,5 \text{ кгс/см}^2$, что обеспечивает гарантированное тушение очага пожара. При этом время, необходимое на подсоединение ПШ к ПКК и друг к другу может оказаться сравнительно значительным.

В качестве резервного средства предусмотрена подача воды в ВПС от насоса грунторазмыва (НГР) при его работе на режиме с давлением 105 м в.ст. Работа НГР при давления более $10,5 \text{ кгс/см}^2$ запрещена. Подключение НГР к ВПС производится через ПШ и ПКК в МО у ПН. Если ВБ полностью обесточивается и работа ПН невозможна, подачу забортной воды к ПС и рукавам для ТП обеспечивают при помощи переносного мотонасосного агрегата типа НПБ 40/7. При стоянке у пирса возможно подключение ВПС на питание с берега.

Способ управления ВПС автоматическое и дистанционное электрическое из центрального поста управления (ЦПУ) – при снижении давления в трубопроводе до $0,7 \text{ МПа}$ (пуск ПН, открытие ПК и закрытие ОК, подача предупредительной сигнализации), дистанционное механическое (открытие и закрытие разобшительных клапанов из смежного отсека) и местное ручное непосредственно у ПН, НГР и арматуры ВПС.

4. Режимы функционирования ВПС являются подача воды к очагу пожара: одним ПН через любые 1, 2 или 3 ПКК, находящимся в отсеках или надстройке (в зависимости от тактики борьбы с пожаром (БСП)); то же одним НГР; то же от питания с берега. При этом органами управления ПН являются ДД (сигнал от снижения давления в магистрали), кнопка пуска ПН в ЦПУ и около ПН и НГР, ключи управления ПК и ОК в ЦПУ, ручные

механические дистанционные приводы разобщительных клапанов, местные ручные приводы всей остальной арматуры.

В первом основном режиме участвуют ПН, ПК, грязевая коробка, магистральный трубопровод, ПКК с соответствующими ПШ и комбинированными ПС, а также арматурой, обеспечивающей этот режим. Во втором режиме используются те же средства, только вместо насосной установки ПН используется НГР с подключающим к нему ПШ через ПКК в МО. В третьем режиме вместо ПН и НГР питание идёт с берега через нештатный ПКК на верхней палубе к АУ.

Объектами воздействия ВПС являются места возгорания и очаги пожара в отсеках и помещениях ВБ, на верхней палубе, за бортом и надстройке, а также районы вокруг очагов пожара, препятствующие распространению пламени. При этом электрооборудование, находящееся в помещении очага пожара, должно быть отключено.

5. ВПС применяется в ПУЭ для обеспечения общесудовых потребителей (ОСП), показанных на рисунке. Т.е. используется не по своему прямому назначению. В АУЭ и ЭУЭ ВПС применяется для ТП, а также аварийного охлаждения главных двигателей, опорных и упорных подшипников.

В ПУЭ используется ПН. При этом, если нет используемых ОСП, ПН работает в горячем резерве через ТНР.

Исследуется работа ВПС при нахождении ВБ в море на ходу или стоянке при выполнении водолазных работ.

Надёжность ВПС учитывает её функционирование в ПУЭ. При этом, отсутствие штатного резервного насоса и постоянная работа ПН через ТНР или на оборудование, не входящее в состав ВПС, значительно снижает её надёжность при выполнении своих задач в море.

Живучесть ВПС учитывает её функционирование в условиях различных аварий. Т.к. ВПС построена по централизованному принципу, имеет линейную схему построения с одним АУ и двумя ОУ, управление её в основном ручное, за исключением пуска ПН и управления ПК и ОК автоматически по ДД и дистанционно из ЦПУ (без резервного поста управления) и разобщительными клапанами со смежных помещений, то живучесть ВПС значительно снижена.

Безопасность ВПС также снижена за счёт резервного подключения НГР с помощью ПШ через ПКК, давление которого может разрушить соединяющий ПШ и элементы ВПС, что вызовет поступление заборной воды на людей и технические средства.

Надёжность каналов связи в системах получения информации и управлении ВПС оставляют желать лучшего, т.к. контроль положения и управление ПК и ОК, давления в магистрали и работой ПН имеется на ЦПУ, а всего оборудования ВПС и НГР — на местных постах управления.

Управляемость является низкой, т.к. при выходе из строя автоматики подачи воды в магистраль, из ЦПУ возможно дистанционное управление только ПН, ПК и ОК, а остальной арматурой и НГР — только с местных постов (исключение — магистральные клапаны, которые вручную управляются со смежных отсеков). Запасной пост управления отсутствует. А подключение НГР к ВПС вообще связан с ручным соединением ПШ через ПКК.

Экономичность ВПС является весьма невысокой, т.к. на рассчитанный расход в ВПС не менее $100 \text{ м}^3/\text{ч}$ используется ПН на $40 \text{ м}^3/\text{ч}$, что не позволяет при различных основных режимах выходить на рабочую точку режима функционирования с наибольшим или близким к максимуму КПД в ПУЭ.

Экологичность ВПС весьма высокая в ПУЭ, если заборная вода в акватории чистая. В АУЭ и особенно в ЭУЭ возможен заброс разлитой нефтесодержащей воды в КЯ из-за борта, что может усложнить БСП.

Качество элементов ВПС (ПН, трубопроводов, арматуры, НГР контрольно-измерительных приборов) достаточна для её функционирования в ПУЭ, т.к. материалы ВПС: трубы – медно-никелевый сплав, медь; арматура – бронза.

Для функционирования ВПС необходимо использование заборной воды (запасы неограниченны), электроэнергии (имеются судовая и аварийная электростанции) и экипажа (может управлять ВПС в основном вручную, что далеко не всегда удаётся из-за ручного управления и нестационарного подключения НГР).

6. В ПУЭ ограничений на использование ВПС практически нет, за исключением, если расход воды в ВПС будет больше $40 \text{ м}^3/\text{ч}$, и некоторые ОСП или ПС не получают необходимого количества воды. В АУЭ и ЭУЭ ограничение функционирования значительно возрастает из-за наличия одного ПН (НГР подключается с помощью ПШ в параллель к ПН), при этом носовой ОУ, имея много ОСП и ПКК, и кормовой ОУ не имеют никакого резерва в случае выхода из строя АУ. АУ имеет резерв от НГР, но при наличии поражающих факторов на АУ и он не имеет резерва.

Структура ВПС, имеющая один ПН с не соединённым стационарно НГР, а также большое количество ОСП ВБ (не для ПС) не позволяет выполнять свою цель полностью.

Действия врагов или вредителей, а также несогласованность экипажа может привести к выходу из строя ВПС или снижению её эффективности. Особые другие ограничения использования ВПС отсутствуют.

7. Частные задачи ВПС не касаются её цели и обеспечивают подачу воды на ОСП. Для этого используется один ПН в ПУЭ и не на все ОСП одновременно можно подавать воду из-за ограничения подачи ПН (при питании с берега все задачи возможно выполнимы, в том числе и ТП).

Если ВПС не используется, ПН работает в горячем резерве через ТНР. Во время использования ВПС для ТП после открытия ПКК, разворачивания ПШ и открытия ПС давление в магистрали падает и включается ПН на магистраль. Если ПН работает на другие ОСП, то при возникновении сигнала снижения давления ниже $0,7 \text{ МПа}$ экипажу необходимо отключить часть или все остальные ОСП от ВПС, кроме обеспечивающих взрывопожаробезопасность. При аварийном охлаждении оборудования необходимо его отключить. Если выходит из строя ПН, то подключается НГР.

Управление ВПС производится частично из ЦПУ и в основном с местных постов управления.

ВПС в основном используется в ПУЭ для снабжения ОСП заборной водой.

8. В ПУЭ ВПС функционирует нормально согласно техническим условиям на неё.

В АУЭ и ЭУЭ при затоплении и залипании водой, нахождении в огне или рядом ПН и НГР работать не могут, большие проблемы возникают при затоплении или воздействии огня на арматуру (трудно или невозможно их открывать и закрывать), приборы контроля и управления. При загазованности помещений, где находятся элементы ВПС, никаких изменений не происходит, но экипаж должен находиться в изолирующих аппаратах, что затрудняет контроль и управление ВПС, а при нахождении под водой и при нулевой видимости делает это практически невозможным.

9. Полезный эффект в ПУЭ снижается при включении ОСП, если суммарный расход на них превышает $40 \text{ м}^3/\text{ч}$ (при подключении к берегу этого не случается даже при пожаре при расходе до $100 \text{ м}^3/\text{ч}$). В АУЭ и ЭУЭ полезный эффект ВПС по прямому назначению снижается при выходе из строя ОУ, особенно носового. При выходе из строя приборов контроля, автоматического и дистанционного управления ПН, ПК и ОК полезный эффект снижается ещё больше. При выходе из строя ПН или некоторой арматуры АУ полезный эффект снижается очень сильно (трудность подключения НГР с помощью ПШ и не превышения давления). В остальных случаях полезного эффекта ВПС не достигает.

10. Эффективность ВПС в ПУЭ снижена из-за малой подачи ПН, отсутствия его стационарного резервирования и трудности эксплуатации ВПС при выходе из строя ОУ. При выходе из строя АУ резервная подача воды полностью отсутствует.

Эффективность ВПС в АУЭ и ЭУЭ очень низкая из-за причин, указанных выше, а также аварийного входа из строя ПН, ОУ и АУ или целенаправленного воздействия на ВПС природными поражающими факторами, конкурентами или противником. Применение переносного мотонасосного агрегата типа НПБ 40/7 во многих случаях также будет затруднительно или невозможно.

Наиболее эффективно функционирует ВПС в АУЭ и ЭУЭ при автоматическом и дистанционном управлении и при отсутствии аварий в ЦПУ и в МО, что позволяет управлять ВПС.

Надёжность, живучесть и безопасность ВПС оставляет желать лучшего и не соответствует предъявляемым к ней требованиям. Информационные и управляющие элементы ВПС не соответствуют современным взглядам БСП, и требуют их значительного улучшения. Экономичность ВПС во многих режимах, при значительном отличии от номинальной подачи, как правило, низкая с пониженным КПД. Об экологичности ВПС при АУЭ и ЭУЭ речи не может быть.

Условия эксплуатации при АУЭ и ЭУЭ также требуют улучшения, особенно при длительном ТП и устранении его последствий, а также при необходимости дальнейшего подключения ОСП к ВПС, если это вообще возможно.

Выводы:

1. ВПС практически не выполняет в полном объёме свои задачи.
2. Состав и структура ВПС для выполнения задач, возложенных на неё неприемлема.
3. Качество элементов ВПС достаточное для выполнения задач, но ПН и ЦПУ, приборы контроля и управления, кабели и провода должны быть защищены от воздействия поражающих факторов. Требуется также установить запасной ЦПУ, а основную арматуру установить дистанционно управляемой, а управление – максимально автоматизировать.
4. В ПУЭ при возникновении возгорания или очага пожара требования к ВПС в основном выполняются, а в АУЭ и ЭУЭ, за некоторым малым исключением, – нет.
5. В ПУЭ при ТП все режимы выполняются при отключении ОСП, а в АУЭ и ЭУЭ при выходе из строя ПН, НГР с соединительным ПШ, ЦПУ, носового ОУ и АУ режимы не выполняются.
6. Функциональные возможности ВПС в ПУЭ ограничены подключёнными к ней ОСП, а в АУЭ и ЭУЭ ограничены или невозможны из-за отсутствия запасного ЦПУ, резервного ПН, нестационарного подключения НГР с помощью ПШ к ВПС, отсутствия кольцевой схемы АУ с соответствующей арматурой.
7. Способ управления ВПС в основном ручной, который во многих случаях АУЭ и ЭУЭ невозможно использовать, что приводит к не способности ТП водой на ВБ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Правила классификации и постройки морских судов // Российский Морской Регистр судоходства. — С.-Петербург : РМРС, 2005.
2. Оценка работоспособности противопожарных систем кораблей проекта 1232.2 : Отчёт о НИР. ; Грибовский И. П. Кашицин А. И. – Севастополь: НЦ ВМС при СВМИ, 1997. – 71 с.
3. Описание и инструкция по эксплуатации противопожарной водяной системы морского водолазного бота проекта 535.

ЗАСТОСУВАННЯ БІТУМНО-ГУМОВОГО КОМПОЗИТУ В ДОРОЖНЬОМУ БУДІВНИЦТВІ

Слівінська С.В., Савчук П.П.,

Луцький національний технічний університет
(Україна)

Вступ. Розвиток дорожнього будівництва в напрямку виготовлення дорожнього одягу починався з використання природних матеріалів: гравієво-піщаних сумішей, ґрунтів і бутового каміння. Цього було достатньо для гужового транспорту. Але з розвитком автомобілебудування вимоги до якості автомобільних доріг зазнали істотних змін. Зростання вимог до транспортно-експлуатаційних характеристик асфальтобетонних покриттів, пов'язаних із зростанням швидкостей руху та збільшенням кількості важких і надважких вантажних автомобілів у складі руху на магістральних дорогах, демонструє в даний час недостатню якість дорожніх бітумів.

Актуальність досліджень. У силу паливної спрямованості вітчизняної нафтопереробки, бітуми, що випускаються за залишковим принципом, за своїми основними властивостями не відповідають вимогам умов експлуатації доріг. Фактично спостерігається вичерпання можливостей нафтових бітумів як зв'язуючих для асфальтобетонів. З цієї причини скорочуються терміни служби дорожніх асфальтобетонних покриттів, відбувається їх передчасний вихід з ладу внаслідок інтенсивного розвитку ушкоджень у вигляді колій, пластичних деформацій, лущення, тріщин, вибоїв та ін. Агресивний вплив умов навколишнього середовища, техногенні та кліматичні чинники також справляють істотний внесок у руйнування транспортних шляхів.

З огляду на це виникла потреба щодо створення для дорожнього одягу монолітних покриттів з органо-мінеральних і бетонних сумішей. Тому створення і впровадження нових комплексних зв'язуючих для дорожніх асфальтобетонів, здатних підвищити термін служби доріг та їх якість, має велике значення.

На сьогоднішній день в дорожньому будівництві гостро постала проблема якості та довговічності покриття, оскільки такі показники, як інтенсивність руху та середня вантажопідйомність транспорту зростає кожного року в геометричній прогресії на відміну від міцності конструкції дорожнього одягу. Визначенні нормативними документами терміни роботи дорожнього одягу на практиці не виправдані. Як показує досвід існує дві гострі причини короткостроковості роботи транспортної споруди: вплив погодних умов на стійкість покриття (коливання температур в зимовий термін експлуатації), а також нестійка до деформацій основа. Складові для покращення властивостей конструкції (бітум і цемент) – дуже дорогі компоненти. Для зменшення їх вартості і підвищення міцності та якості органо-мінеральних сумішей почали використовувати різні домішки, наприклад, поверхнево-активні речовини і каталізатори. За хімічним складом бітуми – складні суміші високомолекулярних вуглеводнів та їх неметалевих похідних азоту, кисню і сірки, повністю розчинні в сірковуглеці. Для дослідження бітумів їх поділяють на основні групи вуглеводнів (близькі за властивостями) – масла, смоли, асфальтени, асфальтогенові кислоти та їх ангідриди.

Результати досліджень. Розроблено технологію отримання з гумової крихти амортизованих автомобільних покрішок бітумно-гумових композитів (БГК), що задовольняють вимогам Держстандартів на дорожньо-будівельні матеріали. В основі технології лежить процес девулканізації гуми і розчинення її в бітумах на рівні макромолекул і мінерального порошку. Бітумно-гумова композиція включає, мас. %: бітум – 70-80, крихту з вулканізованої гуми з відпрацьованих автомобільних шин – 15-25 і мінерального порошку – 5-10. Нагрівають суміш бітуму і мінерального порошку до 100 °С. Потім вводять крихту з розмірами частинок 5-10 мм. Компоненти перемішують в

негерметичній ємності при 200-220 °С протягом 30-60 хв. Потім суміш в гарячому стані продавлюють з використанням шнекового пристрою через фільтри діаметром 1 мм. Отриману готову до застосування композицію зливають через металеву сітку в ємність для зберігання та транспортування.

Важливим фактором використання даної технології є можливість практично повної утилізації всього обсягу відпрацьованих автомобільних покришок. Це дозволить рентабельно працювати багатьом малим підприємствам, що спеціалізуються на отриманні гумової крихти. Крім того, запропонована технологія переробки відходів гумо-технічних виробів може включати в себе і утилізацію таких екологічних забруднювачів, як гідролізний лігнін, відходи поліетилену і поліпропілену. Наприклад, додавання в процесі розчинення гуми 10-20% (від маси гуми) поліетилену або поліпропілену дозволяє отримувати мастики з високими гідроізолюючими властивостями. Все це призведе до значного поліпшення екологічної обстановки, збільшення зайнятості населення. Ще один дуже важливий момент полягає в тому, що застосування БГК з підвищеною адгезією дозволяє використовувати гравійні та гранітні кам'яні матеріали (які значно дешевші і доступніші за гірські породи основного складу) для виготовлення верхнього шару асфальтобетонного покриття. У якості мінерального порошку можливо використовувати золи виносу, які не можна застосовувати при використанні окисленого бітуму в якості в'язучого. Таким чином, коло матеріалів, які реально можна використовувати в дорожньому будівництві, без втрати якості, значно розширюється.

Одержуваний бітумно-гумовий композит, не перевищуючи за ціною бітум марки БНД 90/130, перевершує його за всіма технологічними параметрами і придатний для використання в якості зв'язуючого для виробництва асфальтобетонів підвищеної якості або гідроізолюючого мастичного матеріалу підвищеної адгезії.

Технічний результат полягає в розширенні асортименту бітумно-гумових композицій з поліпшеними експлуатаційними характеристиками, спрощення технології приготування композиції і скорочення тривалості процесу. Асфальтобетони на основі бітумно-гумового композиту мають підвищену міцність і водостійкість як при низьких, так і при підвищених температурах, у порівнянні з асфальтобетонами. Даний підхід суміщення бітуму і гуми сприяє суттєвому зниженню температури крихкості (до -40 °С), підвищенню температури розм'якшення (до 65 °С) і поліпшенню адгезії композиту до поверхонь будь-якої природи, в порівнянні з окисленими бітумами. Завдяки поліпшенню характеристик зв'язуючого термін служби асфальтобетонних покриттів, приготованих із застосуванням зв'язуючого, в середньому в 2-3 рази вище, ніж термін служби покриттів з використанням дорожніх бітумів при тих же умовах експлуатації, за рахунок вищої тріщиностійкості, водостійкості і зсувостійкості одержуваного асфальтобетону. Такі покриття дозволяють знизити рівень шуму і вібрації, зменшують можливість утворення крижаної кірки, підвищують зчеплення, скорочують гальмівний шлях. Властивості в'язучого дають можливість успішно влаштовувати довговічні тонкошарові зносостійкі покриття і деякі види поверхневих обробок.

Бітумно-гумові композиційні зв'язуючі є екологічно чистими матеріалами, в яких наявні як в бітумі, так і в гумі токсичні сполуки хімічно зв'язуються і тому їх виділення незначне. Бітумно-гумові композиційні зв'язуючі неоднорідні за фазовим та хімічним складом і за своєю структурою є типовими композиційними матеріалами, корисні властивості яких визначаються властивостями його складових і їх взаємодією в загальній системі. Гумова крихта в складі зв'язуючого виступає в ролі частинок полімерного компонента, які здійснюють дисперсно-еластичне армування асфальтобетону. Розроблена технологія дозволяє отримувати зв'язуючі з широким діапазоном властивостей, оскільки є можливість великого вибору хімічного складу гуми, дисперсності крихти і технологічних режимів хімічної обробки сумішей гуми з різними видами бітуму. У результаті на одному і тому ж стандартному обладнанні можна отримувати матеріали для різних умов застосування, для різних кліматичних зон, з широким діапазоном технічних параметрів.

Тому область застосування такої технології досить велика. Це енергетика, металургія (валки прокатних станів), автотракторна техніка (колінчаті вали, циліндри двигунів), нафтогазовидобувна техніка (вали насосів). Дуже також важливо, що можна згинати тонкостінні труби, не деформуючи їх.

Висновки. Використання гумової крихти в якості стабілізатора бітуму не тільки покращує фізико-механічні характеристики транспортних конструкцій, а й позитивно впливає на вартість вихідного композиційного виробу, що в свою чергу зменшує вартість найдорожчих шарів дорожнього одягу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бабков В. Ф., Андреев О. В. Проекування автомобільних доріг. Ч. I, II. – М. : Транспорт, 1979. – 367 с.
2. Дорожній асфальтобетон / Л. Б. Гезенцевей, Н. В. Горелишев, А. М. Богуславський, І. В. Корольов / Під ред. Л. Б. Гезенцевей. – М. : Транспорт, 1985. – 350 с.
3. Корольов І. В. Шляхи економії бітуму в дорожньому будівництві. – М. : Транспорт, 1986. – 149 с.
4. Матеріали та вироби для будівництва доріг. Довідник / Горелишев Н. В., Гурячков І. Л., Пинус Е. Р. та ін. / Под ред. Н. В. Горелишева. – М. : Транспорт, 1986. – 288 с.

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ НАДЁЖНОСТИ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ПОРТАЛЬНЫХ КРАНОВ

Суглобов В.В., Ткачук Е.В.,

ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет»
(Украина, г. Мариуполь)

Введение. Морские и речные порты – важная составляющая часть транспортно-производственной инфраструктуры Украины. От уровня их технологичности и технического оснащения зависит конкурентоспособность украинского транспортного комплекса на мировом рынке. Одним из основных средств механизации, обеспечивающих производственный процесс в портах, начиная с разгрузки сырья или полуфабрикатов и заканчивая отгрузкой готовой продукции, являются порталные краны. Поэтому, любые исследования и разработки, направленные на повышение надёжности и производительности кранов при одновременном снижении их энергоёмкости и металлоёмкости всегда будут актуальны и востребованы.

Актуальность исследований. Анализ парка порталных машин показал, что срок службы отдельных кранов достигает 40-50 лет, что в несколько раз превышает граничный эксплуатационный ресурс [1-3]. По данным Госгорпромнадзора Украины [4] в 13 областях Украины находится в эксплуатации 1106 порталных крана, из них – 974 шт. подлежат замене. Такое положение с техническим состоянием вызывает рост аварийных отказов и снижение эксплуатационной надёжности кранов.

Известно, что значительное влияние на эксплуатационные свойства порталных кранов и качество их работы оказывает тип и технический уровень стреловой системы (СС) и системы уравновешивания (СУ). Неудовлетворительный синтез СС и СУ приводит к неточным расчётам динамических нагрузок, что снижает прочность стреловой системы и ухудшает надёжность привода механизма изменения вылета. Кроме того, увеличивается мощность привода и затраты электроэнергии на перемещение стреловой системы.

Поэтому, развитие теории расчёта и проектирования СС и СУ, автоматизированного синтеза и оптимизации их конструкции, является актуальной задачей, решение и практическое использование которой позволяет снизить мощность электропривода механизма изменения вылета стрелы, уменьшить массу крана.

Постановка задачи. С целью повышения надёжности, производительности и качества порталного крана в целом ставится задача разработать комплексный синтез СС и СУ с использованием методов оптимизации.

Результаты исследований. Решение поставленной задачи невозможно без применения современных методик создания высокопроизводительных порталных кранов. Поэтому метод расчёта, синтеза и проектирования СС и СУ, представленный в работах [5, 6], получил наибольшее применение в практике проектно-конструкторских работ.

Вместе с тем, указанная методика не позволяет получать оптимальное конструктивное решение по СС и СУ, т.к. рассматривает эти системы отдельно и не учитывает их взаимного влияния друг на друга. Поэтому, продолжает оставаться открытым вопрос о совместном синтезе и оптимизации СС и СУ, что позволит упростить процесс проектирования, повысить его эффективность и качество.

В связи с этим, авторами настоящего исследования разработан комплексный оптимизационный синтез (КО-синтез), позволяющий совместно рассчитывать и проектировать СС и СУ, рассматривая в автоматическом режиме эти две системы как одну – уравновешенную ШСС.

Автоматизированный КО-синтез можно разделить на пять этапов:

1) Определение структуры уравновешенной ШСС как сложной системы, состоящей из СС и СУ. Данный этап включает разработку кинематической схемы с указанием геометрических и весовых параметров системы.

2) Разработка системы входных данных объекта, т.е. параметров, значений которых достаточно для описания конструкции ШСС. Метод расчёта входных данных для автоматизированного проектирования ШСС подробно изложен авторами в работе [7].

3) Разработка системы варьируемых данных и ограничений на их числовые значения. Такая система данных может быть сформирована из ограничений по заданию на проектирование, либо на основании диапазонов приемлемых значений, установленных в процессе проектирования. На данном этапе назначается состав ограничений и состав оптимизируемых параметров ШСС.

4) Разработка критериев качества, совокупность которых в максимальной мере позволит оценить качество рассматриваемого множества вариантов. Данный этап характеризуется выбором общих и частных критериев, позволяющих выполнить поиск оптимальных решений конструкции. Рекомендуемый набор критериев оценки качества ШСС представлен авторами в работах [8, 9].

5) Определение области возможных решений, учитывающей показатели эксплуатационной эффективности порталных кранов. Заключительный пятый этап КО-синтеза необходим для построения графика плотности допустимого множества решений, при которых удовлетворяются все требования и ограничения, предъявляемые к уравновешенной ШСС, и обеспечиваются все эксплуатационные качества и технические характеристики порталного крана.

Выводы. В работе рассматриваются вопросы повышения надёжности и энергосбережения порталных кранов с помощью автоматизированного проектирования и оптимизации конструкции уравновешенной ШСС. Авторами решена задача совместного расчета и синтеза СС и СУ с помощью разработки нового автоматизированного комплексного способа синтеза (КО-синтеза). Представленный способ синтеза позволяет упростить процесс проектирования, повысить его эффективность и качество при сохранении заданной точности. Полученные результаты исследования позволяют создавать порталные краны нового поколения, и рекомендованы для практического использования на машиностроительных предприятиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пустовой В. Н., Андриенко А. О. Сравнительное исследование параметров портовых кранов для морских портов Украины / В. Н. Пустовой, А. О. Андриенко // Вісник Одеського національного морського університету : Зб. наук. праць. – Одеса : ОНМУ. – Вип. 25, 2008. – С. 97-107.

2. Пустовой В. Н. Портовые краны: у критической черты / В. Н. Пустовой // Порты Украины : информационно-аналитический журнал. – Одесса : Ports of Ukraine plus. – № 5 (55), 2005. – С. 38-42.

3. Леонова О. В. Оценка остаточного ресурса порталных кранов / О. В. Леонова // Материалы международных научно-практических конференций по подъемным сооружениям за 2005г., г. Одесса – Одесса : Астропринт, 2006. – С.141-146.

4. Держгірпромнагляд роз'яснює та інформує: відомості про кількість об'єктів котлонагляду та підіймальних споруд станом на 01.01.2009 року // Подъемные сооружения. Специальная техника : научно-технический и производственный журнал. – Одесса : ООО «Крантест». – 2009. – № 3. – С.17-18.

5. Мисюра В. П. Оптимальное проектирование уравновешивающих устройств стреловых систем порталных кранов / В. П. Мисюра, В. И. Жермунский // Вестник машиностроения : Сб. науч. трудов. – 1980. – № 7. – С. 41-43.

6. Мисюра В. П. Обобщённая математическая модель шарнирно – сочленённой укосины порталного крана с различными механизмами уравновешивания / В. П. Мисюра, В. И. Жермунский // Подъёмно-транспортные машины : Сб. науч. трудов. – Тула, 1979. – № 7. – С. 80-86.

7. Суглобов В. В. Определение геометрических параметров стрелы и хобота шарнирно – сочленённой стреловой системы порталного крана / В. В. Суглобов, В. А. Михеев, Е. В. Ткачук // Вестник Харьковского национального автомобиледорожного университета : Сб. науч. трудов.– Харьков : ХНАДУ. – Вып. № 57, 2012. – С. 264-269.

8. Суглобов В. В. Основы обобщённого автоматизированного синтеза конструкции стреловой системы и системы уравновешивания порталного крана / В. В. Суглобов, В. А. Михеев, Е. В. Тищенко // Материалы I Региональной студенческой научно-технической конференции «Подъёмно – транспортное оборудование и логистика» (18 – 19 мая 2011 года). – Донецк : ДонНТУ, 2011. – С. 118-120.

9. Суглобов В. В. Разработка алгоритма и программы синтеза и оптимизации конструкции стреловой системы порталных кранов / В. В. Суглобов, В. А. Михеев, Е. В. Тищенко // Materialy VII Miedzynarodowej naukowí – praktycznej konferencji «Perspektywiczne opracowania sa nauka I technikami 2011». – Prezemysl : Nauka I studia. – Volume 54. Techniczne nauki, 2011. – P. 80-83.

АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ В ИНСТРУМЕНТЕ МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОЙ РИХТОВКИ НА ОСНОВЕ СОВМЕЩЕННОГО СОГЛАСУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ДИСКОВОГО ТИПА

Трунова И.С.,

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет
(Украина)

Введение. В наше время разработки с использованием энергии электромагнитных полей в практике реставрации поврежденных кузовных покрытий транспортных средств, являются актуальными и достаточно перспективными.

Наиболее привлекательной особенностью применения методов магнитно-импульсной рихтовки в транспортных отраслях является возможность устранения вмятин без механических контактов с обрабатываемыми объектами. Рихтовка производится с внешней стороны без нарушения существующего защитного лакокрасочного покрытия, что имеет особое значение, если вмятина не глубока и покрытие не было повреждено. [1, 2].

В связи с этим в современной промышленности возрастает необходимость в осуществлении технических разработок и усовершенствований различных технических систем и конструкций инструментов, с помощью которых производится внешняя бесконтактная магнитно-импульсная рихтовка поврежденных покрытий транспортных средств.

К таким инструментам относятся согласующие устройства, которые представляют собой импульсные трансформаторы тока [2, 3]. Их назначение заключается в преобразовании амплитудно-временных параметров тока при разряде емкостных накопителей, что позволяет существенно повысить величину силового воздействия на обрабатываемый объект [4]. Согласующие устройства применяются в практике магнитно-импульсной рихтовки для повышения уровня энергии, передаваемой от мощных импульсных установок (источников мощности) в малоиндуктивные нагрузки.

Для исключения высоких переходных сопротивлений, возникающих в местах подсоединения индуктора к согласующему устройству и повышения прочностных характеристик, инструмента, предложена совмещенная конструкция согласующего устройства с индуктором, что означает их изготовление в виде единого целого – инструмента магнитно-импульсной рихтовки [5]. В результате такого конструктивного решения появляется возможность существенно повысить уровень передачи энергии в рабочую зону инструмента.

Цель настоящего рассмотрения – исследование электромагнитных процессов в совмещённом согласующем устройстве дискового типа и определение его основной характеристики – коэффициента трансформации.



Рисунок 1 – Схематическое изображение совмещённого согласующего устройства дискового типа

На рис. 1 приведено схематическое изображение исследуемого согласующего устройства. Как схематически показано на рис. 1, в совмещённом согласующем устройстве дискового типа вторичная обмотка выполнена в виде массивного плоского одновиткового индуктора с развитой поверхностью, размеры которой должны соответствовать поперечным размерам катушки первичной обмотки. Внутреннее отверстие витка со стороны, обрабатываемой листовой заготовки ограничено цилиндрическим выступом. Область над его верхним основанием – рабочая зона инструмента.

Оценка основных характеристик. Для дальнейшего рассмотрения и выполнения численных оценок в соответствии с поставленной целью обобщим результаты работ [2, 6, 7] после чего, не повторяясь в проведенных математических операциях по интегрированию уравнений Максвелла, запишем выражение для радиального распределения линейной плотности индуцированного тока:

$$J_{\varphi}(r, \varphi) = 2 \cdot j_m \cdot \int_0^{\infty} f(x) \cdot e^{-x \cdot \frac{h}{d}} \cdot J_1(x \cdot \frac{r}{d}) \cdot \sum_{k=0}^{\infty} \frac{F_{2k}(\mu_r \cdot x)}{\Phi_k(\mu_r \cdot x)} \cdot f_{1k}(x, \varphi) \cdot dx, \quad (1)$$

где $F_{2k}(\mu_r, x) = (\mu_r \cdot x) \cdot (1 - \cos(\beta_k)) + \beta_k \cdot \sin(\beta_k)$.

– интегральную величину тока, индуцированного в металлическом диске радиуса R_0 :

$$I_{\varphi}(R_0, \varphi) = 2(j_m \cdot d) \int_0^{\infty} f(x) \cdot e^{-x \cdot \frac{h}{d}} \cdot \left(1 - J_0\left(x \cdot \frac{R_0}{d}\right)\right) \left(\sum_{k=0}^{\infty} \frac{F_{2k}(\mu_r \cdot x)}{\Phi_k(\mu_r \cdot x)} \cdot f_{1k}(x, \varphi)\right) dx. \quad (2)$$

С помощью выражения (2) можно получить формулу для оценки коэффициента трансформации, если рассматривать исследованную систему как импульсный трансформатор тока, в котором многovitковый соленоид есть первичная обмотка, а металлический диск – вторичная обмотка.

$$K(R_0) = 2 \cdot \left(\frac{d \cdot w}{(R_2 - R_1) \cdot (e^{-\delta_0 \cdot \varphi_{1\max}} \sin \varphi_{1\max})} \right) \int_0^{\infty} f(x) \cdot e^{-x \cdot \frac{h}{d}} \cdot \left(1 - J_0\left(x \cdot \frac{R_0}{d}\right)\right) \cdot \left(\sum_{k=0}^{\infty} \frac{F_{2k}(\mu_r \cdot x)}{\Phi_k(\mu_r \cdot x)} \cdot f_{1k}(x, \varphi_{2\max})\right) dx \quad (3)$$

где $\varphi_{1\max}$ – значение фазы максимума тока в индукторе; $\varphi_{2\max}$ – значение фазы максимума индуцированного тока.

По полученным расчетным соотношениям были проведены численные оценки и построены графические зависимости (рис. 2 – 3).

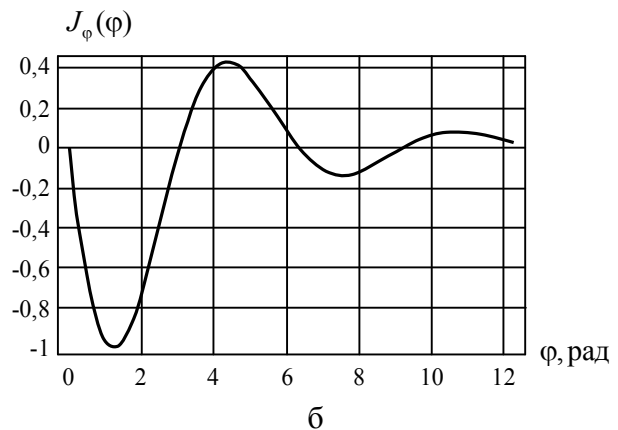
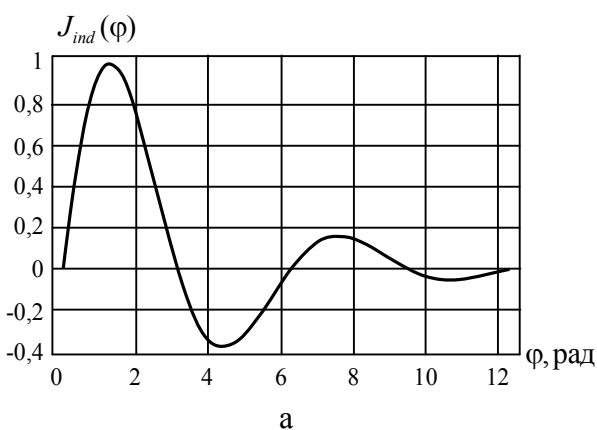


Рисунок 2 – Временная зависимость токов в относительных единицах (нормировка на максимум): $\varphi = \omega \cdot t$ – фаза; а – возбуждающий ток в первичной обмотке; б – ток, индуцированный в металле диска – вторичной обмотке (алюминий, сталь)

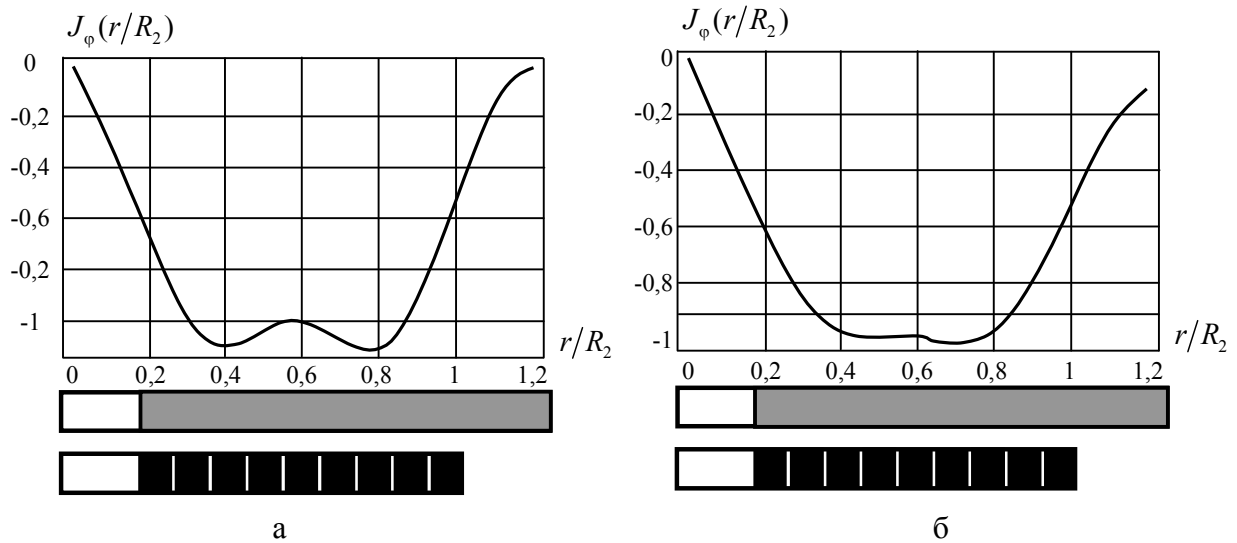


Рисунок 3 – Радиальное распределение токов, индуцированных в металле диска – вторичной обмотке в относительных единицах (нормировка на максимум): а – металл диска – алюминий; б – металл диска – сталь

Коэффициенты трансформации составили:

а – алюминий, $K_{Al}(R_0) \approx 5,16$;

б – сталь, $K_{St}(R_0) \approx 3,97$.

Отношения эффективной глубины проникновения поля к толщине диска:

а – алюминий, $\eta_{Al} \approx 0,178$;

б – сталь, $\eta_{St} \approx 0,356$.

Прокомментируем полученные результаты.

1. Временная форма тока, индуцированного в металле диска (вторичной обмотке), практически повторяет временную форму тока в первичной обмотке согласующего устройства (с точностью до знака) независимо от электрофизических свойств металла диска.

2. Из графических зависимостей (рис. 3) видно, что радиальное распределение тока, индуцированного во вторичной обмотке – металле диска, зависит от его электрофизических свойств. С уменьшением проводимости распределение «расплывается» по радиусу, а с увеличением – стремится к зеркальному отражению радиального распределения возбуждающего тока в первичной обмотке.

3. Величина коэффициента трансформации в схеме согласующего устройства, как импульсного трансформатора тока, существенно зависит от электрофизических свойств металла диска: при увеличении удельной электропроводности коэффициент трансформации возрастает (сталь – алюминий рост составляет ~ 20%).

Выводы.

1. Проведен анализ электромагнитных процессов в совмещённом согласующем устройстве дискового типа с определением его основной характеристики – коэффициента трансформации.

2. Получены аналитические зависимости для определения индуцированного тока во вторичной обмотке совмещенного согласующего устройства дискового типа.

3. Показано, что радиальное распределение тока, индуцированного во вторичной обмотке – металле диска, зависит от его электрофизических свойств.

4. Определено, что величина коэффициента трансформации в совмещенном согласующем устройстве дискового типа зависит от электрофизических свойств металла

диска. С увеличением удельной электропроводности коэффициент трансформации возрастает.

ЛИТЕРАТУРА

1. Батигін Ю. В. Прогресивні технології в автотранспортних засобах / ч. II : Фізичні основи магнітно-імпульсних технологій безконтактного рихтування кузовних елементів автомобіля : навчальний посібник / Батигін Ю. В., Гнатов А. В., Трунова І. С., Чаплигін Є. О. – Харків : ХНАДУ, 2011. – 176 с.
2. Батыгин Ю. В. Согласующее устройство дискового типа / Ю. В. Батыгин, А. В. Гнатов, И. С. Трунова // Электротехника и электромеханика. – Харьков, 2012. – № 2. – С. 69-73.
3. Белый И. В. Справочник по магнитно-импульсной обработке металлов / И. В. Белый, С. М. Фертник, Л. Т. Хищенко. – Харьков : Вища школа, 1977. – 189 с.
4. Туренко А. Н., Батыгин Ю. В., Гнатов А. В. Импульсные магнитные поля для прогрессивных технологий. – Т. 3: Теория и эксперимент притяжения тонкостенных металлов импульсными магнитными полями : монография. – Харьков : ХНАДУ, 2009. – 240 с.
5. Пат. 68745 Україна, МПК В21D 26/14. Спосіб магнітно-імпульсної обробки тонкостінних металевих заготовок / Батигін Ю. В., Гнатов А. В., Аргун Щ. В., І. С. Трунова, Чаплигін Є. О.; заявник та патентовласник Харківський національний автомобільно-дорожній університет. – № и 201111225 ; заявл. 21.09.2011 ; опубл. 10.04.2012, Бюл. № 7.
6. Анализ электродинамических процессов в согласующем устройстве «дискового» типа // тези наукових праць VIII Українсько-Польської конференції молодих науковців [«Механіка та інформатика»], (Хмельницький, 12 – 14 травня 2011 р.). / Ю. В. Батыгин, А. В. Гнатов, И. С. Трунова. – Хмельницький : Хмельницький національний університет, 2011. – С. 19-21.
7. Батыгин Ю. В. Расчет электродинамических процессов в согласующем устройстве цилиндрического типа с двумя разомкнутыми вторичными витками / Ю. В. Батыгин, А. В. Гнатов, И. С. Трунова // Вестник ХНАДУ. – Харьков. – № 56. – С. 30-36.

РАСЧЕТ ИНДУЦИРОВАННЫХ ТОКОВ И НАПРЯЖЕННОСТЕЙ В СИММЕТРИЧНОМ УНИВЕРСАЛЬНОМ ИНСТРУМЕНТЕ МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОЙ РИХТОВКИ

Шндерук С.А.,

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет
(Украина)

Введение. В 2004г. при проведении экспериментов с тонкостенными стальными образцами был обнаружен эффект изменения направленности силового магнитно-импульсного воздействия при вариации рабочих частот действующих полей. При низких частотах (~2...2.5 кГц) – участок листовой заготовки испытывал притяжение, конечным результатом которого было образование вмятины. При достаточно высоких частотах (~7...8 кГц) имело место известное в практике магнитно-импульсной обработки металлов (МИОМ) отталкивание участка листа с образованием выпуклости [1].

Объяснению этого эффекта с теоретическим и экспериментальным подтверждением достоверности посвящены работы [2-5]. Физическая сущность заключается в том, что при понижении рабочих частот действующих полей падает действенность сил отталкивания – сил Лоренца (известны, как «силы магнитного давления на проводник») [2, 3, 6, 7]. Действенность сил притяжения, обусловленных магнитными свойствами стального объекта обработки, растёт и, несмотря на малое отличие относительной магнитной проницаемости его металла от единицы в реальном диапазоне амплитуд внешних полей, становится вполне достаточной для «вытягивания» вмятины [4, 5].

Актуальность исследований. Отличительной особенностью полевых методов воздействия является отсутствие непосредственного контакта с обрабатываемым материалом. В этом нет необходимости, поскольку трансформация энергии поля в механическую работу происходит собственно в материале заготовки подлежащей обработке [8, 9].

Принцип действия симметричного универсального инструмента магнитно-импульсной рихтовки основан на использовании закона Ампера, по которому проводники с одинаково направленными токами притягиваются друг к другу [3].

Отличительной особенностью универсальных инструментов (в отличии от индукторных систем, основанных на естественном притяжении ферромагнетиков при понижении рабочих частот действующих полей) – это возможность работы с металлами любой физической природы, как ферромагнетики, так и металлы не обладающие магнитными свойствами (алюминий и его сплавы). Эта возможность реализуется благодаря специальному техническому решению в универсальном инструменте – введению дополнительного (вспомогательного) экрана [1-3, 10].

Постановка задачи. Цель работы – анализ электромагнитных процессов в симметричном универсальном инструменте магнитно-импульсной рихтовки. По полученным аналитическим соотношениям построение радиальных зависимостей распределения плотности индуцированного тока и напряжённости магнитного поля в листовой заготовке.

Результаты исследований. Расчет индуцированных токов и напряженностей в симметричном универсальном инструменте магнитно-импульсной рихтовки начнем с расчётной модели в цилиндрической системе координат рис. 1.

При решении примем допущения, аналогичные публикации [10].

Решая составленные уравнения известными математическими методами [6], во избежание громоздкости в изложении, опустим промежуточные выкладки, и запишем окончательное выражение для радиальной зависимости возбуждаемого тока.

$$j_{\varphi}(\varphi, r, \zeta) = j_m \frac{dj(\varphi)}{d\varphi} \left(\frac{\omega\tau}{2d} \right) \int_0^{\infty} \frac{F(x) J_1\left(x \frac{r}{d}\right)}{x^2} \cdot \frac{\left(sh\left(x \frac{\zeta-d}{d}\right) - \frac{1}{\mu_r} ch\left(x \frac{\zeta-d}{d}\right) \right)}{sh(x) \left[sh\left(x \frac{h}{d}\right) + \frac{1}{\mu_r} ch\left(x \frac{h}{d}\right) \right] + \frac{1}{\mu_r} e^{x \frac{h}{d}} ch(x)} dx, \quad (1)$$

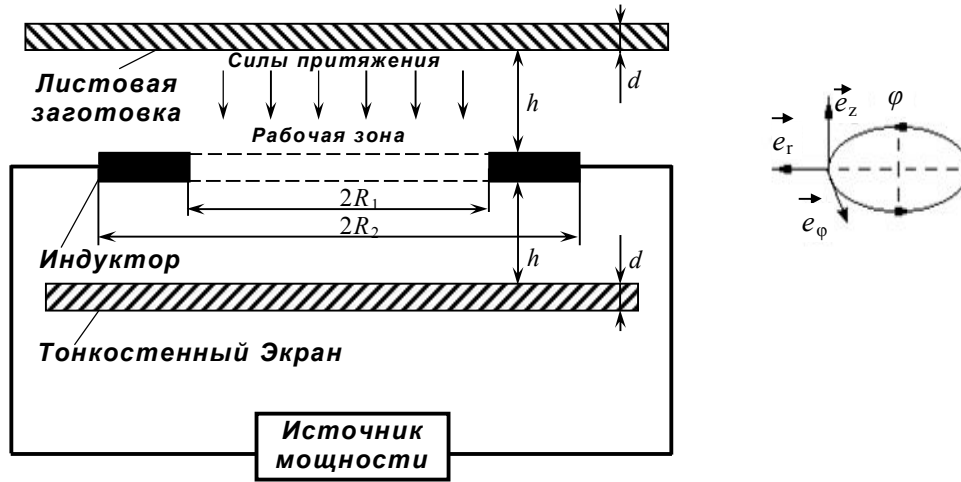


Рисунок 1 – Симметричный универсальный инструмент – расчётная модель

Результаты вычислений для типичной экспериментальной индукторной системы [3, 8, 9] выполненных с помощью (1) в относительных единицах (нормировка на соответствующий максимум) представлены на графиках рис. 2.

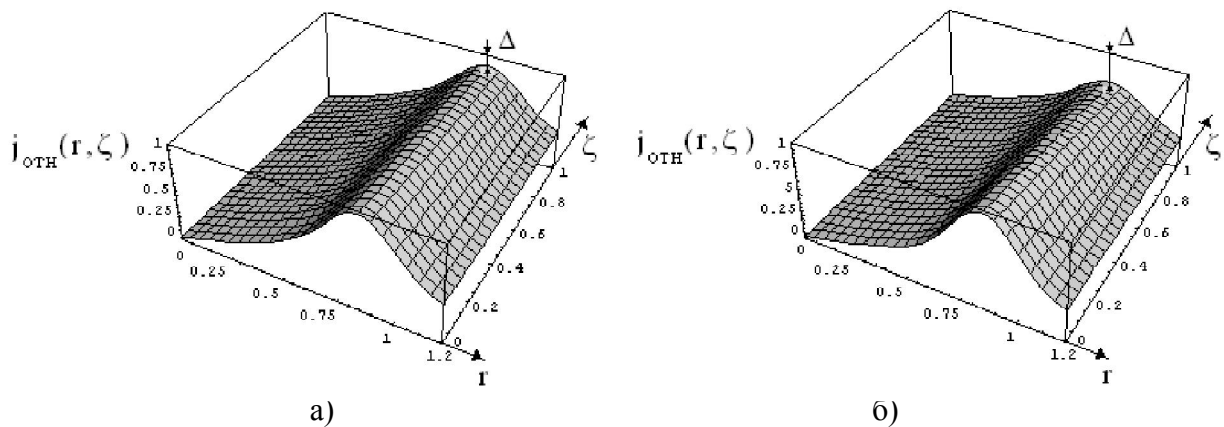


Рисунок 2 – Пространственное распределение плотности индуцированного тока (Δ – величина, иллюстрирующая убывание по толщине листа), а) $\mu_r = 1.0$, б) $\mu_r = 5.0$

В расчётах принято, что $R_1 = 0.025$ м, $R_2 = 0.0035$ м, $h = 0.001$ м, $d = 0.001$ м, $\gamma = 0.4 \cdot 10^7$ 1/Ом·м (сталь), ток в индукторе – $j_i = j_m \cdot e^{-\delta_0 \cdot \varphi} \cdot \sin \varphi$, где j_m – амплитуда, $\varphi = \omega \cdot t$ – фаза, ω – частота, относительный декремент затухания – $\delta_0 = 0.2$.

В соответствии с предварительными оценками, выполненными в работах [3-5], примем, что $\mu_r \in [1.0, 5.0]$.

Опуская промежуточные математические выкладки, в соответствии с [1, 3, 10] запишем окончательные выражения для компонент напряжённости магнитного поля.

$$\eta_{ВТУ} = \frac{L_{рас}}{L_{сж}} = \frac{m_{рас} \cdot R \cdot T_{1p} \cdot \left[1 - \pi_{рас}^{-m_{рас}} \right]}{m_{сж} \cdot R \cdot T_{1c} \cdot \left[\pi_{сж}^{m_{сж}} - 1 \right]}, \quad (1)$$

$$H_r^{(2)}(\varphi, r, \zeta) = \frac{j(\varphi)}{2\mu_r} \cdot \int_0^\infty \frac{F(x) \cdot J_1\left(x \frac{r}{d}\right)}{x} \cdot \frac{\left(\operatorname{ch}\left(x \cdot \frac{\zeta-d}{d}\right) - \frac{1}{\mu_r} \cdot \operatorname{sh}\left(x \cdot \frac{\zeta-d}{d}\right) \right)}{\operatorname{sh}(x) \cdot \left[\operatorname{sh}\left(x \cdot \frac{h}{d}\right) + \frac{1}{\mu_r^2} \operatorname{ch}\left(x \cdot \frac{h}{d}\right) \right] + \frac{1}{\mu_r} \cdot e^{x \frac{h}{d}} \cdot \operatorname{ch}(x)} \cdot dx \quad (2)$$

$$H_z^{(2)}(\varphi, r, \zeta) = \frac{j(\varphi)}{2\mu_r} \cdot \int_0^\infty \frac{F(x) \cdot J_0\left(x \frac{r}{d}\right)}{x} \cdot \frac{\left(\operatorname{sh}\left(x \cdot \frac{\zeta-d}{d}\right) - \frac{1}{\mu_r} \cdot \operatorname{ch}\left(x \cdot \frac{\zeta-d}{d}\right) \right)}{\operatorname{sh}(x) \cdot \left[\operatorname{sh}\left(x \cdot \frac{h}{d}\right) + \frac{1}{\mu_r^2} \operatorname{ch}\left(x \cdot \frac{h}{d}\right) \right] + \frac{1}{\mu_r} \cdot e^{x \frac{h}{d}} \cdot \operatorname{ch}(x)} \cdot dx \quad (3)$$

На рис. 3 приведенные отдельные графические зависимости в относительных единицах (нормировки на максимум), иллюстрирующие характерные пространственные распределения компонент вектора напряжённости магнитного поля в листовых металлах.

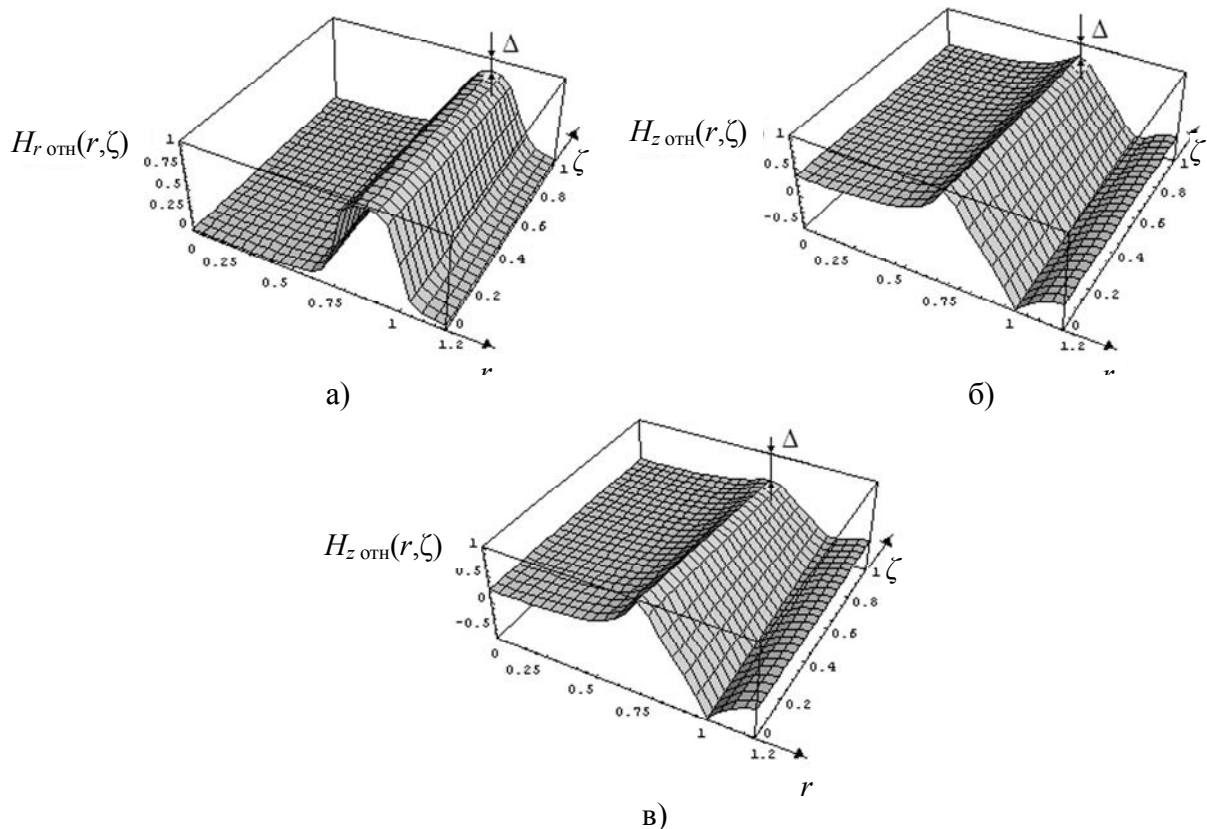


Рисунок 3 – Пространственное распределение компонент вектора напряжённости магнитного поля (Δ – величина, иллюстрирующая убывание по толщине листа),
 а) $\mu_r = 1.0, H_r$; б) $\mu_r = 1.0, H_z$; в) $\mu_r = 5.0, H_z$

Прокомментируем основные результаты расчётов напряжённости.

- с увеличением магнитной проницаемости убывание величины нормальной компоненты вектора \vec{H} по толщине листа более существенно, чем радиальной;
- с ростом магнитной проницаемости падает амплитуда напряжённости магнитного поля, так в диапазоне $\mu_r \in [1, 5]$ отмечено падение на $\sim 20 \div 25\%$.

Общий вывод анализа процессов возбуждения токов и магнитных полей в индукторной системе с идентичными листовым вспомогательным экраном и обрабатываемым объектом сводится к заключению: в диапазоне значений относительной

магнитной проницаемости $\mu_r \in [1.0, 2.5]$ её влияние на рассмотренные электромагнитные процессы практически не существенно.

Выводы. Основные результаты проведенных вычислений сводятся к следующим положениям:

1. Проведен анализ электромагнитных процессов в симметричном универсальном инструменте магнитно-импульсной рихтовки.
2. Получены расчетные соотношения для радиальной зависимости возбуждаемого тока и компонент напряжённости магнитного поля в листовой заготовке рассматриваемой системы.
3. Построены радиальные зависимости распределения плотности индуцированного тока и напряжённости магнитного поля в листовой заготовке для универсального инструмента магнитно-импульсной рихтовки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Direction Change of the Force Action upon Conductor under Frequency Variation of the Acting magnetic Field : proceedings of the 1-st International Conference [«High Speed Metal Forming»], (Dortmund, March 31/April 1, 2004) / Yu. V. Batygin, V. I. Lavinsky, L. T. Khimenko. – Dortmund, Germany. 2004. – P. 157–160.
2. Батыгин Ю. В. Силы, действующие на тонкостенный проводник, в проникающем поле плоского одновиткового соленоида. / Ю. В. Батыгин, А. Ю. Бондаренко // Техническая электродинамика. – 2010. – №1. – С 9-14.
3. Туренко А. Н. Импульсные магнитные поля для прогрессивных технологий. Том 3. Теория и эксперимент притяжения тонкостенных металлов импульсными магнитными полями / Туренко А. Н., Батыгин Ю. В., Гнатов А. В. : монография. – Харьков : ХНАДУ, 2009. – 240 с.
4. Батыгин Ю. В. Направление сил, действующих на листовой ферромагнетик, в зависимости от временных характеристик при МИОМ / Ю. В. Батыгин, А. В. Гнатов, С. А. Щиголева // Електротехніка і електромеханіка. – Харьков : НТУ «ХПИ». – 2011. – № 3. – С. 56-61.
5. Пат. US 2008/0163661 A1 USA (США). Dent removing method and device / Meichtry Ralph, Kouba Ivan; заявитель и патентообладатель Ostrolenk faber gerb & soffen, New York. – № 11/910,788; заявл. 11.05.2006; опубл. 10.07.2008.
6. Ландау Л. Д. Электродинамика сплошных сред / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. – М. : Наука, 1982. – 620с.
7. Подольцев А. Д. Элементы теории и численного расчёта электромагнитных процессов в проводящих средах / А. Д. Подольцев, И. Н. Кучерявая. – К. : Институт электродинамики НАНУ, 1999. – 362 с.
8. Белый И. В. Справочник по магнитно-импульсной обработке металлов / Белый И. В., Фертик С. М., Хищенко Л. Т. – Харьков : Вища школа, 1977. - 189 с.
9. Батыгин Ю. В. Импульсные магнитные поля для прогрессивных технологий / Батыгин Ю. В., Лавинский В. И., Хищенко Л. Т. – Т. 1. ; под ред. проф. Ю. В. Батыгина. – Харьков : МОСТ-Торнадо, 2003. – 288 с.
10. Батыгин Ю. В. Электромагнитные процессы в симметричных индукционных системах с идентичными ферромагнитными тонкостенными экраном и листовой заготовкой / [Ю. В. Батыгин, А. В. Гнатов, Щ. В. Аргун и др.] // Електротехніка і електромеханіка. – Харьков : НТУ «ХПИ». – № 4 – С. 50-53.

СЕКЦІЯ 7:

**ЗАХИСТ ДОВКІЛЛЯ, ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА,
РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ**

ВОДНЕВА ЕНЕРГІЯ ТА ФОТОЕЛЕКТРОХІМІЧНЕ РОЗЩЕПЛЕННЯ ВОДИ

Басараба Ю.Б.,

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
(Україна)

Вступ. Виробити енергію і зберегти довкілля – одне з головних завдань на майбутнє. Отримання водню з води під дією сонячного світла давно привертає увагу дослідників, оскільки водень є зручним паливом, вода – доступною і дешевою сировиною (об'єм вод Світового океану 1386 млн. км^3), а Сонце – екологічно чистим і безкоштовним джерелом енергії.

В даній роботі описано принцип роботи фотоелектрохімічної комірки для отримання водню з води під дією сонячного випромінювання. Розглянуто основні вимоги, які ставляться до матеріалів фотоанодів і вплив на їх властивості наноструктурного стану.

Кількість енергії, що надходить від Сонця до поверхні Землі протягом року становить в середньому $3 \cdot 10^{24}$ Дж [1]. За 1,5 доби Сонце дає Землі стільки ж енергії, скільки дають електростанції усіх країн світу протягом року. Загальна кількість енергії, яку можна отримати від розвіданих запасів вуглеводневого палива (вугілля, нафта, газ) складає $29,3 \cdot 10^{21}$ Дж і вона в недалекому майбутньому буде використана. На основі нинішніх темпів споживання, оцінено, що запасів вугілля в середньому вистарчить на 150-400 років, нафти – 40-80 років і природного газу – 60-160 років [2]. В цьому аспекті, особливої актуальності набуває використання енергії сонячного випромінювання у фотоелектрохімічних реакціях для отримання водню при розкладі води. Прості розрахунки показують, що при утворенні 2000 км^3 води з водню та кисню виділяється енергія у вигляді теплоти $31,66 \cdot 10^{21}$ Дж, тобто стільки ж скільки і при переробці усього вуглеводневого палива. Отже, володіючи великим запасом газоподібного водню і використовуючи у різних пристроях (зокрема паливних елементах) його реакцію з киснем з утворенням води, можна у необхідній кількості отримувати теплову та електричну енергію. Сучасні методи отримання водню не розв'язують проблему отримання водню для потреб енергетики. Однак процес розкладу води на водень та кисень стає енергетично вигідним, коли для його проведення використати енергію сонячного випромінювання.

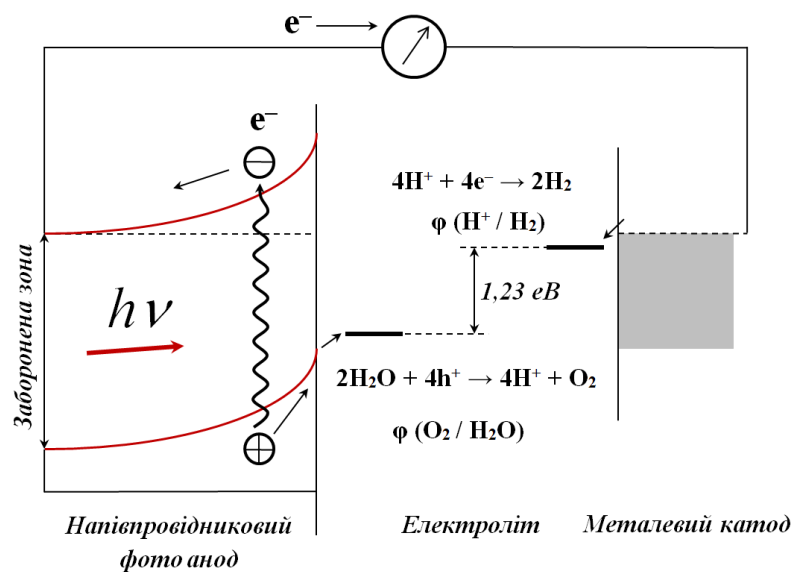


Рисунок 1 – Діаграма фотоелектрохімічної комірки

Принципово цей процес реалізований у фотоелектрохімічній комірці. На рис. 1 показано спрощену діаграму фотоелектрохімічної комірки на основі простого фотоанода

виготовленого з пластинки титану, покритої плівкою двоокису титану n-типу провідності з шириною забороненої зони 3,0 eV і зануреного у водний розчин лугу та металевого (платинового) катода зануреного у водний розчин кислоти. При освітленні фотоанода на ньому виділяється кисень, а на катоді – водень. Основним компонентом комірки є напівпровідниковий фотоанод, в якому під дією падаючих фотонів генеруються електронно-діркові пари. Дірка дифундує до границі розділу напівпровідника з електролітом і там окислює молекулу води. Електрон по зовнішньому колу переходить на металевий катод, де відновлює іон водню.

Основною проблемою є вибір матеріалу фотоанода. Він повинен бути недорогим і доступним; стійким до фото корозії у водних розчинах електролітів; ширина забороненої зони повинна знаходитися у межах від 1,7 до 3-3,5 eV [2-4]. Через погану фотокорозійну стійкість не використовують такі матеріали як кремній, германій, арсенід галію, з яких виготовляють сонячні елементи. Нижня межа визначається тим, що фотоанод повинен генерувати достатню напругу для електролізу води – 1,7 В. Ширина забороненої зони не повинна бути занадто великою, щоб по можливості використати більшу частину сонячного спектру випромінювання. Як відомо, близько 7% енергії сонячного випромінювання припадає на ультрафіолетову частину спектра, 48% - на видиму, 45% - на інфрачервону.

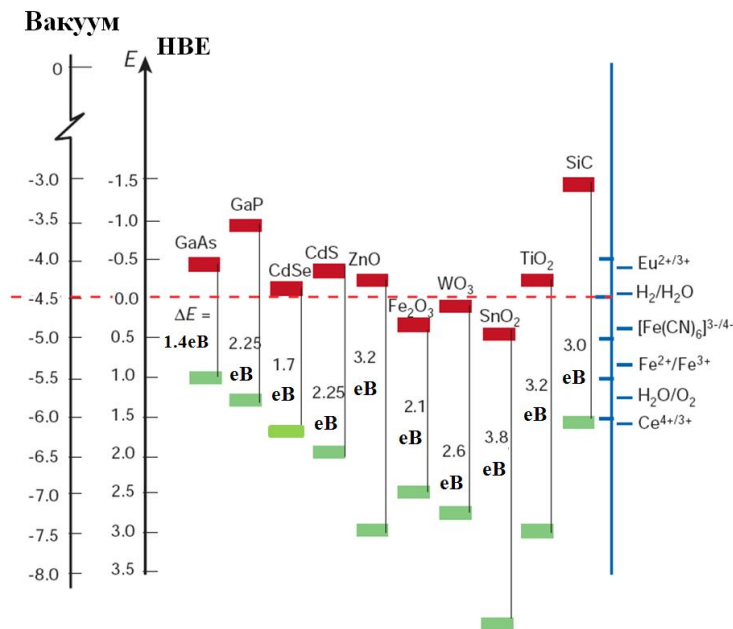


Рисунок 2 – Положення зон деяких напівпровідникових матеріалів. Шкала енергій подана в електрон-вольтах відносно нормального водневого електрода (НВЕ) і вакууму [1]

Важливим є також положення забороненої зони (рис. 2) відносно потенціалів окислення води і відновлення водню (Redox потенціалів). Якщо рівні Redox потенціалів, відстань між якими для води становить 1,23 eV, перекриваються забороненою зоною, то електроліз протікає без перешкод, якщо ні, то для його протікання необхідне зовнішнє зміщення.

Використання нанорозмірних матеріалів для виготовлення фотоанодів. Найчастіше в якості фотоанодів використовують титанат стронцію, оксиди титану TiO_2 , вольфраму WO_3 і заліза Fe_2O_3 [2, 6]. Усі ці матеріали стійкі до фотокорозії.

Для промислового виробництва методом фотоелектролізу води необхідно отримати коефіцієнт корисної дії не менше 10%, що відповідає густині струму $8,1 \text{ mA/cm}^2$. Для плівок оксиду вольфраму густина струму становить $2,5 \text{ mA/cm}^2$. Це пов'язано з тим, що плівки оксиду вольфраму чутливі тільки у вузькому інтервалі довжин хвиль (до 480 нм) через досить широку заборонену зону. Для плівок Fe_2O_3 отримано густина струму 8 mA/cm^2 , що пояснюється чутливістю цієї плівки у більш широку інтервалі, до 600 нм при

ширині забороненої зони 2,2 eV. Крім того, плівки Fe₂O₃ є більш доступні і мають меншу вартість.

Значення фотоструму вдається збільшити при легуванні оксидів деякими металами: Pt, Ru, Ni, Co, Cu або створенням наноструктурних тандемних фотоанодів [6, 7].

Висновки. Незважаючи на більш ніж сорокалітні зусилля та значні інвестиції на даний час здійснити фотоелектроліз води під дією сонячного світла з ефективністю достатньою для промислового застосування наразі не вдалося. Ні один матеріал не володіє потрібним набором властивостей. Складністю є і те, що енергія розкладу води (1,23 eV) є досить великою у порівнянні з енергією квантів спектру сонячного випромінювання. Наноструктуровані матеріали відкривають унікальні можливості для вирішення більшості – якщо не усіх – проблем пов'язаних з отриманням водню з води під дією сонячного випромінювання. Подальший прогрес у цій захоплюючій області вимагає розробки нових методів виробництва та матеріалів, що дозволить на практиці отримати наноструктуровані, багатокомпонентні, низьковартісні фотоелектроди для пристроїв перетворення сонячної енергії.

ЛІТЕРАТУРА

1. Gratzel M. Photoelectrochemical cell // Nature. – 2001. – Vol. 414. – P. 338-344.
2. Krol R. van de, Gratzel M. Photoelectrochemical hydrogen production. // Springer Science+Business Media, LLC, 2012.
3. Lopes T., Andrade L., Ribeiro H.A., Mendes A. Characterization of photoelectrochemical cells for water splitting by electrochemical impedance spectroscopy // Int. J. Hydrogen Energy. – 2010.– Vol. 35. – P. 11601-11608.
4. Wei D., Amaratunga G. Photoelectrochemical cell and its application in optoelectronics // Int. J. Electrochem. Sci.– 2007.– Vol. 2. – P. 897-912.
5. Wallace G. G., Too C. O., Officer D. L., Dastoor P. C. Photoelectrochemical cells based on inherently conducting polymers // MRS Bulletin. – 2005. – Vol. 30. – P. 46-49.
6. Schoonman J., Krol R. van de Nanostructured materials for solar hydrogen production // U.P.B. Sci. Bull., Series B. – 2011. – Vol. 73. – P. 31-44.
7. Frank E., Osterloh F. E., Parkinson B. A. Recent developments in solar water-splitting photocatalysis // MRS Bulletin. – 2011.– Vol. 36. – P. 17-22.

УДОСКОНАЛЕННЯ ГАЗОЧИСТНОГО УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ НЕОРГАНІЧНИМ ПИЛОМ

Батлук В.А., Параняк Н.М.,

Національний університет «Львівська політехніка» (Україна),

Мірус О.Л.,

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності
(Україна)

Актуальність. Сучасні масштаби екологічних змін створили реальну загрозу життю та здоров'ю громадян України. Тому необхідно визначити концентрацію між забрудненням атмосферного повітря у регіонах України і зростанням захворювань у населення, а також провести аналіз існуючих пилоочисних апаратів та запропонувати високоефективні пиловловлювачі для очистки повітря від пилу.

Стан здоров'я населення є одним з основних критеріїв якості навколишнього середовища. У структурі загальної захворюваності населення все більшої питомої ваги набувають хвороби, які є наслідком техногенного забруднення довкілля, зокрема атмосферного повітря.

На розмір та концентрацію частинок пилу в газах суттєвий вплив здійснює технологія отримання продукту. Переробка сипучих матеріалів (збагачення руди, металургійні процеси, виробництво мінеральних добрив, будівельних матеріалів, скла, кераміки, цементу та ін.) призводить до значного виділення пилу.

Результати дослідження. Необхідний ступінь очищення повітря визначається рівнем допустимої межі концентрації пилу в повітряному потоці. Вибір схеми очищення й режимів роботи пиловловлювачів повинен проводитися з обліком усіх умов і вимог санітарних норм, властивістю пожежо- і вибухонебезпечною концентрацією пилу при роботі зерноочисних машин.

Ми зупинимося на «сухих» методах пиловловлення. Проаналізувавши вдосконалення в існуючих пиловловлювачах, можна зробити висновок, що найбільш поширені і найпростіші апарати для «сухої» очистки повітря від пилу – циклони ЦН-11 після всіх їх вдосконалень не можуть забезпечити високоефективної очистки дрібнодисперсних фракцій (менших за $5 \cdot 10^{-6}$ м) і, що на даний момент не існує єдиного критерію вибору оптимальної форми корпусу пиловловлювача, навіть для найбільш поширеного з них - циклона ЦН-11. Тому задачею наших досліджень було створення теорії руху пилогазового потоку в корпусі апарату і на її основі вибрати оптимальну конструкцію корпусу для наступних апаратів: конічного, циліндричного, циліндрично-конічного.

Комплексне вирішення еколого-гігієнічних проблем дасть змогу оптимізувати та цілеспрямовано керувати процесом оздоровлення довкілля і зміцненням здоров'я населення.

Метою роботи є створення пиловловлювача, в якому додаткова попередня очистка повітря від великодисперсного пилу забезпечує виділення пилу його з потоку ще до входу в пиловловлювачі за рахунок цього підвищується ефективність пиловловлення.

Базуючись на створеній нами математичній моделі відцентрово-інерційних пиловловлювачів, нами розроблений принципово новий тип пиловловлювачів, який суміщає в одному корпусі два ступеня очищення: перший – циклонний – на половині оберту потоку після входу в апарат під дією відцентрової сили та другий – інерційний – при проходженні потоку через щілини між жалюзі відокремлювача, який встановлений коаксійно корпусу.

Дослідження прозорої моделі конструкції відцентрово-інерційного пиловловлювача в аеродинамічній трубі довели, що значного підвищення ефективності їх

роботи вдається отримати при дотриманні умови постійності швидкості руху пилогазової суміші, як в корпусі апарату, так і при проходженні через щілини між жалюзі відокремлювача, що і було нами використано при конструюванні принципово нового апарату з попередньою очисткою.

На експериментальному стенді НУ «Львівська політехніка» проведені порівняльні дослідження запропонованого пиловловлювача із попередньою очисткою, де гофри на пластинах 3 пакету, виконані параболічної форми і утворюють між собою зигзагоподібні канали 6 у всіх напрямках можливого руху потоку газу, з апаратом, всередині якого поперек потоку встановлений пакет пластин із гофрами, на стандартному експериментальному пилу – кварцовому піску. Низька ефективність апарату з гофрами пояснюється тим, що переміщуючись частинки пилу при стиканні з гофрами втрачають частину своєї кінетичної енергії та отримує тенденцію до руху в напрямку дії гравітаційних сил або в тому напрямку, де відсутні зигзагоподібні канали в пластинах, тобто знаходяться в стані вітання, що погіршує ефект їх вловлення. Підвищення ефективності роботи в запропонованому пиловловлювачі досягається тим, що гофри на пластинах у повздовжньому перетині мають параболічну форму.

Із проведених експериментальних досліджень, ефективність очистки повітря в запропонованому пиловловлювачі виявилась вищою на 0,7 – 2,4 %. При цьому запропонована конструкція пиловловлювача виключає попадання великодисперсного пилу всередину другого пиловловлювача, що надто важливо для запобігання зносу його корпусу через значне зменшення концентрації та фракційного складу пилу. Наявність зигзагоподібних каналів 6 у всіх можливих напрямках руху газу запобігає створенню зон збільшеного тиску, а це в свою чергу призводить до збільшення ефективності роботи цієї ступені очистки і зниження гідравлічного опору.

Недоліком цієї конструкції є те, що великодисперсні частинки аерозолів, які містяться в пилоповітряній суміші, відкидаються відцентровою силою до внутрішньої стінки корпусу апарату і, по-перше, руйнують її, а по друге, в залежності від їх розмірів займають весь простір між корпусом і жалюзійним відокремлювачем і не дають місця більш дрібним фракціям рухатися зверху вниз, а крім того зменшують дуже значно відстань між корпусом і жалюзійним відокремлювачем і дрібнодисперсні частинки пилу, відбившись від жалюзі відокремлювача, будуть попадати не на стінку корпусу, а на ці великодисперсні частинки пилу, які рухаються вздовж стінки корпусу зверху вниз до бункера для збору пилу і тим самим заштовхуватися назад в щілини між жалюзі, що призводить до зменшення ефективності роботи апарату та збільшення його гідравлічного опору.

Висновки. Ця конструкція циклону забезпечує незмінний осьовий напрямок закрученого потоку, що дозволяє уникнути явища радіального стоку і турбулізації потоку на виході з апарату, внаслідок чого ступінь очищення зростає, а гідравлічний опір циклона при цьому зменшується, що дозволяє знизити енерго- та металоємність. Порівнюючи одержані залежності з результатами дослідження еталонного апарату, встановлено, що застосування запропонованої конструкції пиловловлювача дозволило підвищити ефективність уловлення пилу на 1-2%, а це відкриває широкі перспективи для впровадження запропонованої конструкції в різних галузях промисловості і дозволяє знизити промисловий негативний вплив на атмосферу і зменшити загрозу глобальних наслідків для майбутніх поколінь, шляхом проведених серйозних інженерних рішень по попередженню викидів дрібнодисперсних аерозолів.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ МАЗУТА И ЕЁ РОЛЬ В СИСТЕМЕ ТОПЛИВОПОДГОТОВКИ НА СУДНЕ

Богданов А.В., Богданов В.А.,

Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Введение. За последние годы доля потребления высоковязкого топлива в судовых дизельных установках (СДУ) непрерывно увеличивается. Для современных мало- и среднеоборотных СДУ применяются в основном тяжёлые сорта топлива с комбинированным использованием лёгких сортов. Эффективная работа дизелей при комбинированном использовании топлив возможна только при наличии специальных систем топливоподготовки (подогрева и очистки), использовании лёгкого дизельного топлива для пуска двигателя и манёвров, а также применения специальных присадок к топливам и маслам.

Постановка задачи. Топливоподготовка начинается на базах снабжения введением стандартизованных присадок, очисткой, отстоем и подогревом до 100° С, в результате которой удаляется практически вся вода и большая часть взвешенных примесей. На судне переход СДУ с одного вида топлива на другой производится только после её прогрева (до 30 минут) с последующим постепенным переходом в течении не менее 30 минут для равномерного подогрева топливной аппаратуры и предотвращения заклинивания движущихся частей двигателя (клапанов, плунжеров, форсуночных игл).

За 15-20 минут до остановки или перед манёврами для полной очистки от тяжёлого топлива и охлаждения СДУ переводят на лёгкое топливо. При внезапной остановке системы СДУ прокачивают лёгким топливом. Для хорошего распыления топлива его вязкость перед прокачивающим насосом не должна превышать 3,5-4,5° ВУ. Чтобы условия распыления тяжёлого топлива соответствовали условиям распыления дизельного топлива его вязкость при подогреве в промежуточном подогревателе должна быть снижена до 2° ВУ.

Температура, а значит и вязкость топлива должны быть оптимальными: при понижении температуры происходит неполное сгорание топлива и двигатель «дымит», а при понижении топливо «крекирует» с образованием нагара. Оптимальными температурами для подогрева моторного ДТ в запасных цистернах, при сепарировании и перед топливными насосами являются, соответственно, следующие температуры, °С: 5-10; 40-60; 65-75. Для дизельного мазута ДМ оптимальными соответственно являются такие температуры, °С: 30-50; 80-85; 100-110.

Для регулирования и поддержания вязкости средне – и высоковязких топлив при сепарировании до необходимых значений (не выше 6° ВУ) используют смешивание различных их сортов с различной вязкостью, подогревом определённых сортов топлив или комбинируя между собой оба способа.

Для предотвращения переохлаждения топлива при его подачи от промежуточного подогревателя до форсунок его температура в подогревателе должна быть больше на 10-12° С за минимально допустимую для заданного сорта топлива. Наоборот, повышение температуры греющего пара приводит к отложению кокса в подогревателе.

Недостатками описанной топливоподготовки является её сложность и значительное увеличение трудозатрат на обслуживание СДУ.

Отходы топлива в результате коагуляции смол в нём при сепарировании составляют 1-3 % общего расхода топлива. При промывке топлива горячей водой и сепарировании дополнительно расходуется 6-8 % воды от количества сепарируемого топлива. Затратной в современных условиях является утилизация отходов сепарации и загрязнённой воды с последующей сдачей их на берег.

Прогрессивними методами очистки топлива является его фильтрация и гомогенизация, позволяющие снизить расход топлива на 2-4 %, уменьшить в 2-3 раза трудозатраты по топливоподготовке. Одним из эффективных методов гомогенизации топлива является его магнитно-импульсная обработка (МИО).

Результаты исследований. Нами рассчитан и экспериментально изготовлен контейнер для исследования электропроводности жидких органических топлив [1]. Данный контейнер позволяет проводить исследования жидкостей в области температур от комнатной до 400° С, измерять температуру жидкости в межэлектродном пространстве с точностью не менее ± 2°С и с возможностью регулировать расстояние между электродами с точностью 0,01 мм.

Исследование электропроводности проводилось на мазуте марки М40. При комнатной температуре на вольт-амперных характеристиках мазута наблюдался участок отрицательного дифференциального сопротивления (ОДС), то есть участок на котором с увеличением напряжения ток уменьшался (рис. 1).

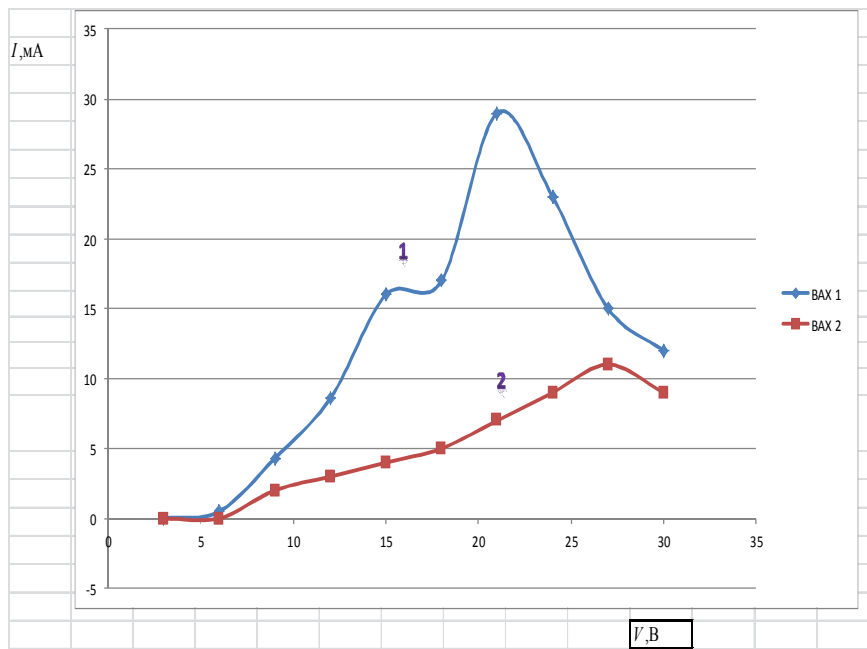


Рисунок 1 – Вольт-амперные характеристики мазута при комнатной температуре $T = 20^{\circ}\text{C}$ (1) и температуре $T = 30^{\circ}\text{C}$ (2)

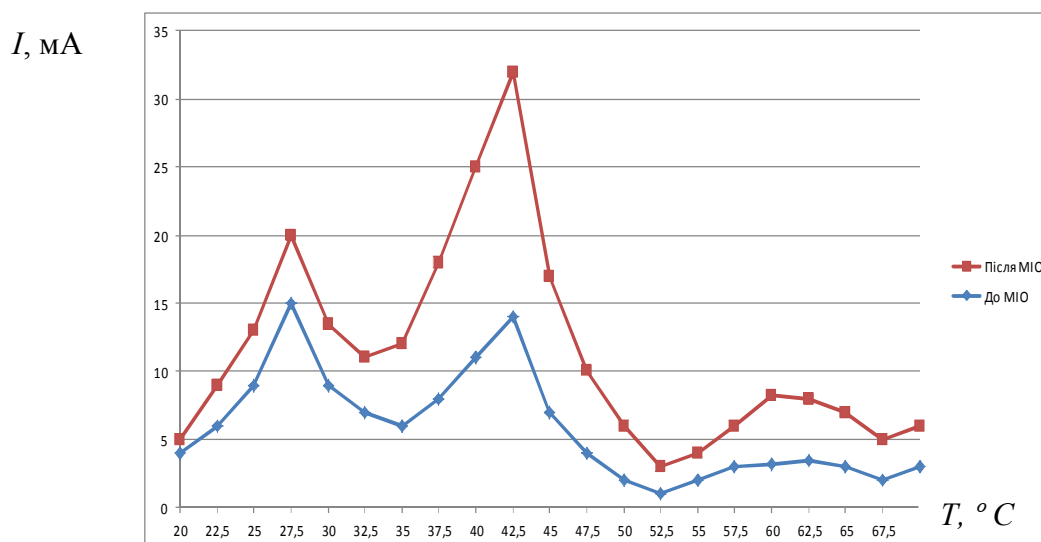


Рисунок 2 – Температурная зависимость тока через мазут марки М40 до и после его обработки магнитными импульсами

При дальнейшем увеличении температуры электрическое сопротивление мазута резко возрастало.

Нами проводились исследования влияния магнитной обработки мазута на его температурную зависимость электропроводности. На температурной зависимости электропроводности мазута наблюдались как до магнитной обработки так и после три максимума в области температур: 27°C; 42°C; 62°C (рис. 2).

После МИО величины всех максимумов возрастали. Характерной особенностью полученной температурной зависимости электропроводности являлось её уменьшение с ростом температуры.

Выводы. Специально изготовленные контейнер для измерения электропроводности жидкости, а также рассчитанные и изготовленные электрические измерительные схемы позволили впервые обнаружить и исследовать следующие особенности электропроводности мазута:

- экспериментально получена и исследована область ОДС мазута при различных температурах, на котором наблюдалась долговременная релаксация электропроводности.
- исследована зависимость электропроводности мазута от температуры до и после его магнитной обработки. На данных зависимостях выявлены три максимума электропроводности в области температур: 27° С; 42° С; 62° С. Величины электропроводности в максимумах не изменяя своего температурного положения возрастали после МИО мазута. С дальнейшим повышением температуры электропроводность мазута резко уменьшалась.
- обнаруженные особенности изменения электропроводности мазута находятся в области температур, при которых происходит резкое изменение его вязкости. Высокая вязкость, также как и высокая электропроводность, характерны только для тяжёлых топлив (мазута) и только при низких температурах, что позволяет судить об взаимосвязи механизмов их образования. Увеличение электропроводности мазута под действием МИО может обуславливать уменьшение его вязкости, а значит, и существенное улучшение эффективности его подготовки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев А. В., Богданов В. А., Погорлецкий Д. С., Малыгин А. Б. Разработка конструкции контейнера для исследования характеристик топлива в импульсном магнитном поле // материалы Всеукраинской научно-практической конференции (СЕУТТОО-2012). – Херсон : Изд-во ХГМА, 2012. – С. 222-223.

ДО ПИТАННЯ ВІДРОДЖЕННЯ РІЧКОВОГО ВОДНОГО ТРАНСПОРТУ НА ВОЛИНІ

Боярин М.В., Савчук Л.А.,

Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки
(Україна, м. Луцьк)

Транспорт грає велику роль у господарському освоєні території та інтегрує господарський простір, виступаючи організаційним фактором утворення територіальної структури господарства регіону. В той же час транспортна інфраструктура розвивається відповідно територіальним галузевим особливостям регіону [1]. У Волинській області інтенсивно розвиваються сухопутні види транспорту, хоча регіон має густу гідромережу – водний транспорт перебуває у занепадаю чому стані тому тема дослідження є **актуальною**.

Враховуючи актуальність теми було поставлено кілька **задач**, відповідь на які дає можливість проаналізувати ситуацію, що склалася у водному транспорті Волині: аналіз екологічного стану поверхневих вод; характеристика судноплавних шляхів Волині; стан та перспективи розвитку водного транспорту.

Результати дослідження. Річковий транспорт, як і морський, має ряд переваг перед сухопутним. Зокрема, готові природні шляхи, використання течії води можливість одночасного транспортування великих вантажів і пасажирів [1; 2]. Утримання водних шляхів потребує набагато менших капітальних вкладень, до того й перевезення вантажів водним транспортом обходиться дешевше. Серед основних водних артерій які є в Україні – частина розташована у межах Волинської області.

Волинська область багата на поверхневі води: ріки, озера, ставки. Гідрографічна сітка області представлена річками двох великих басейнів: р.Прип'ять і р.Зах.Буг. Ріки області переважно належать до басейну р.Прип'ять. Річка Прип'ять з притоками Турія, Стохід і Стир є найбільшою річкою області. Вздовж західної межі області протікає р.Західний Буг з притокою Лугою. Вони протікають по території області в основному з півдня на північ, мають повільну течію, через незначне зниження поверхні області на північ. Більшість річок Волині через невеликі глибини не суднохідні. Серед західних областей України Волинська область має найбільшу кількість озер (265 шт.). Найбільші і наймальовничіші озера області – Світязь, Пулемецьке, Турське, Люцимир, Перемут, Оріхове, Волянське, Біле, Любязь. Переважна більшість - карстові озера, менша – заплавні. Їх режим тісно пов'язаний з річками, а під час весняної повені самостійне існування озер припиняється. Заплавні озера заболочені, з низькими берегами і в'язким дном. Окрім того У Волинській області в експлуатації станом на 2012 р. знаходиться 12 водосховищ. Площа водного дзеркала яких становить 2203 га. Використовуються вони для зволоження осушених земель на меліоративних системах та риборозведення. Протягом року за допомогою водосховищ проводиться перерозподіл стоку річок області з метою збільшення їх водності та подальшого використання за акумульованих об'ємів води для зволоження осушених земель в засушливі періоди [5].

На території області є ряд річок які використовувалися, та можуть бути використані, як судноплавні шляхи, хоча, як зазначалося вище, значна частина річок та озер Волині мають невеликі глибини. Вимоги водного транспорту до водних шляхів зводяться перш за все до забезпечення судноплавних глибин, які в свою чергу визначають категорію водного шляху. Для судноплавства найбільш придатні водні шляхи з гарантованими габаритами суднового ходу. Крім обмежень по глибині, умови судноплавства на річках України ускладнюються через наявність значної кількості надводних і підводних переходів [1; 3]. Ще одна вимога судноплавства – обмеження швидкості течії на водних шляхах. Гранично допустимі її значення залежать від умов руху суден угору за течією з економічно вигідними швидкостями. До вимог водного

транспорту належать також обмеження коливань рівня води біля причальних споруд. Водні шляхи поділяють на природні та штучні. Природні водні шляхи - це річки та озера, штучні - канали, водосховища і річки, режим яких істотно змінено внаслідок будівництва гідротехнічних споруд. У волинській області до річок які можуть використовуватися для судноплавства належать річки Прип'ять та Стир (табл. 1).

Таблиця 1 – Характеристика судноплавних шляхів України

Водний шлях	Кінцевий пункт	Гарантована глибина, м	Довжина водного шляху, км			
			загальна	У тому числі		
				На вільних річках	штучні	З гарантованими глибинами
<i>Магістральні річки</i>						
Прип'ять	Кордон з Білоруссю-гирло	1,60-2,65	63	15	48	63
	Підходи	2,65	8	3	5	2
<i>Інші річки</i>						
Стир	Луцьк -кордон з Білоруссю	0,70	247	247	-	247

Річки Прип'ять та Стир за транспортним використанням належать до малих річок, які у середині ХХ ст. використовувалися, і можуть використовуватися у сучасному періоді, переважно для перевезення будівельних матеріалів, деякої продукції АПК, та пасажирів. Суттєвої ролі у розміщенні продуктивних сил вони не відіграють, але можуть вирішити ряд питань пов'язаних із пасажирськими і вантажними перевезеннями регіонального рівня [4].

Габаритні характеристики суден, що використовуються і проектується для використання на внутрішніх водних шляхах України, визначаються гарантованими глибинами водного шляху, параметрами шлюзів та певною мірою висотою існуючих мостових переходів. Осадка судна залежить від гарантованої глибини суднового ходу. Правила плавання регламентують мінімальні запаси води під днищем судна. У акваторії судноплавних шляхів території Волинської області можна використовувати самохідні судна для пасажирських і вантажних перевезень та несамохідні судна і плавучі засоби для рибальства та рекреації [1].

Серед основних проблем природоохоронного характеру, що пов'язані з водним транспортом, та присутні на річках Волині є наявність у межах акваторії металевих конструкцій та інших металевих об'єктів. Маючи в своєму складі окрім металу, хімічно оброблене дерево, лакофарбові матеріали, залишки рідкого палива і паливо-мастильних матеріалів, інші хімічно небезпечні речовини, вони стають джерелом шкідливих виділень (феноли, нафтопродукти тощо) і внаслідок цього негативно впливають на водні екосистеми. Контроль якості поверхневих вод в 2012 році відділом лабораторного контролю Держекоінспекції проводився в 45 пунктах та 62 створах основних річок та їх приток в області. Було відібрано та проаналізовано 267 проб води, виконано 6313 визначень. За результатами досліджень гідрохімічних показників у 37 пробах встановлено перевищення ГДК_{ВР} по ХСК, БСК₅, азоту амонійному, фосфатах, залізу загальному, сульфатах та нафтопродуктах на річках Прип'ять та Стир. Рівнів високого чи екстремального забруднення не виявлено. В 2012 році стан поверхневих водойм області в порівнянні з попередніми роками, залишився стабільним. Слід зазначити, також що на основних водних об'єктах області, щорічно проводяться заходи пов'язані із захистом від затоплення і підтоплення повеневими водами річок Прип'ять і Стир, здійснюється розчищення русе і кріплення берегів. А також заходи пов'язані із відновленням і підтриманням сприятливого гідрологічного режиму та санітарного стану річки Стир [6].

Отже підсумовуючи результати проведеного дослідження отримано висновки: на території області є ряд річок які використовувалися, та можуть бути використані, як судноплавні шляхи на яких варто відродити судноплавство щоб вирішити ряд питань пов'язаних із пасажирськими і вантажними перевезеннями регіонального рівня у басейнах Прип'яті та Стиру; у акваторії судноплавних шляхів території Волинської області можна використовувати самохідні судна для пасажирських і вантажних перевезень та несамохідні судна а плавучі засоби для рибальства та рекреації можна використовувати і на інших водних об'єктах; стан поверхневих водойм області в порівнянні з попередніми роками, є стабільним а забруднення водойм екстремально характерні не виявлено. Усі наведені результати аналізу стану та перспектив розвитку водного транспорту на Волині потребують подальших більш детальних досліджень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пашенко Ю. Є. Розвиток та розміщення транспортно-дорожнього комплексу України / Ю. Є. Пашенко. – К. : Науковий світ, 2003. – 467 с.
2. Розміщення продуктивних сил : Підручник / [В. В. Ковалевський, О. Л. Михайлюк, В. Ф. Семенов та ін.]; За ред. В. В. Ковалевського, О. Л. Михайлюк, В. Ф. Семенова. – К. : Товариство «Знання», КОО, 1998. – 546 с.
3. Сич Є. О. Проблеми розвитку транспортної системи прикордонного регіону / Є. О. Сич, Є. П. Романенко // Економіка України. – № 11, 2001. – К., 2001. – С. 14-18.
4. Топчієв О. Г. Суспільно-географічні дослідження: методологія, методи, методики / О. Г. Топчієв. – Одеса : Астропринт, 2005. – 632 с.
5. Маринич О. М. Фізична географія України : Підручник / О. М. Маринич, П. Г. Шищенко. – К. : Т-во «Знання», КОО, 2003. – 450 с.
6. Доповідь про стан навколишнього середовища області за 2012 рік. – Луцьк : Держуправління охорони навколишнього природного середовища, 2012. – 103 с.

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОБРОБКИ БАЛАСТНИХ ВОД

Горбов В.М., Мітенкова В.С., Тимофєєва А.С.,

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
(Україна, м. Миколаїв)

Вступ. Використання в якості суднового баласту забортної води у ряді випадків призводить до проблеми забруднення морського середовища чужорідними мікроорганізмами і порушення рівноваги регіональних екосистем. Відомо багато подібних випадків, що призвели до значних економічних збитків та порушень екологічного балансу [1-4]. У зв'язку з цим прийнято ряд законодавчих обмежень для запобігання забрудненню Світового океану баластними водами на міжнародному та регіональному рівнях. Так, у 2004 р. Міжнародна морська організація (ІМО) прийняла «Міжнародну конвенцію про контроль суднових баластних вод й осадів та управління ними», у якій зазначається правила, вимоги та стандарти щодо керування баластом та осадами [5, 6]. Додаток VII Конвенції MARPOL 73/78, присвячений попередженню забруднення баластними водами, поки що не вступив в дію, але після його ратифікації судновласники повинні будуть вживати відповідні заходи з обробки баласту [7].

Таблиця 1 – Методи обробки баластних вод

Метод обробки	Переваги	Недоліки	Обмеження в застосуванні
1. Виключення скидання баласту взагалі	Найбільш надійний	Важко реалізований	Доцільний в тих районах, де скидання баластних вод заборонено цілком
2. Зменшення концентрації морських організмів шляхом обмеження кількості прийнятої на борт баластної води вибором місця прийому баласту	Простий, не потребує монтажу додаткового устаткування на борту судна	Можливі підвищення експлуатаційних витрат і погіршення мореплавних якостей судна	Недоцільний у деяких закритих морях і мілководних районах
3. Обробка баластної води на борту судна	Ефективний, не залежить від району плавання	Потребує розміщення додаткового устаткування на борту судна. Може бути небажаним з міркувань екології	Без обмежень
4. Берегова обробка	Ефективний, може застосовуватись за будь-яких погодних умов	Потрібні значні капіталовкладення на створення приймальних споруд та технічне оснащення. Для більшості суден підвищить стоянковий час у портах.	Без обмежень
5. Заміна баласту у водах відкритого океану	Достатньо ефективний	Потенційна небезпека цієї операції через несприятливі погодні умови	Недоцільний у деяких закритих морях і мілководних районах

Актуальність. Оскільки баластування суден в даний час є невід’ємною частиною морських перевезень і уникнути цього процесу неможливо, основним шляхом припинення поширення небажаних мікроорганізмів є запобігання їх скиданню з суден в портах. На сьогоднішній день існує багато методів та способів обробки баластних вод. Оцінка їх особливостей дасть можливість обґрунтувати вибір ефективних методів в залежності від типу та району плавання судна.

Постановка задачі. Виділяють ряд методів обробки баластних вод, але всі вони насамперед повинні відповідати наступним критеріям: не задавати шкоди навколишньому середовищу, бути безпечними для людини, а також ефективними та економічними. Метою даного дослідження є аналіз переваг та недоліків різних методів та способів обробки баластних вод, що відповідають вищезначеним критеріям, та визначення можливості їх практичного застосування.

Результати досліджень. Американське бюро судноплавства (ABS) виділяє п’ять методів обробки баласту для мінімізації ризику скидання небажаних організмів [8, 9]. Основні характеристики цих методів наведено у табл. 1.

Для реалізації третього методу застосовують різні способи обробки баластних вод, характеристики яких наведено у табл. 2 [10].

Таблиця 2 – Способи обробки баластних вод

Процес	Сутність	Переваги	Недоліки	Особливості
1	2	3	4	5
Фільтрування	Звичайно використовуються дискові фільтри зі зворотнім промиванням	Ефективно для великих частинок і організмів	Підтримання потоку з мінімальним зниженням тиску вимагає зворотної промивки. Низька мембранна прохідність означає поверхневу фільтрацію, що не практично для менших мікроорганізмів	Якість фільтрації залежить від розміру осередків, підходить не для всіх організмів
Гідроциклон	Відцентрове обертання води з великою швидкістю для відокремлення домішок і організмів	Альтернатива фільтрації, може бути більш ефективна	Висока ефективність лише для великих часток	Ефективність залежить від густини частинок і води, розміру частинок, швидкості обертання і часу
Коагуляція	Додаткова попередня обробка для з’єднання частинок	Збільшення розміру частинок для підвищення ефективності фільтрації або обробки у гідроциклоні	Потрібна додаткова ємність	Для більш швидкої роботи використовується порошок (магнетит або пісок)

Продовження табл. 1

1	2	3	4	5
Електрохлорування	До води підводиться постійний струм, що призводить до електролізу	Легкість у використанні	Не завжди ефективно для хребетних організмів	Бажана попередня обробка води
Озонування	Введення озону (1-2 мг/л) у воду, де він розкладається і вступає в реакцію з іншими хімікатами для знищення мікроорганізмів	Висока ефективність для знищення мікроорганізмів	Низька ефективність для великих організмів. Генератори озону застосовують для великого обсягу баласту. Устаткування може виявитися дорогим, потрібно великий простір для установки	Необхідна нейтралізація хімікатів, щоб уникнути нанесення шкоди навколишньому середовищу. Може потребувати до 24 годин для нейтралізації
Хлорування, в т.ч. двоокисом хлору	Окиснення біоцидом, при розчиненні у воді руйнує клітину	Легкість у використанні. Видаляються всі мікроорганізми, бактерії і інші хвороботворні організми. Висока ефективність в каламутній воді	Не завжди ефективно для хребетних організмів. Використовувані реактиви можуть бути хімічно небезпечними	Ефективність залежить від РН води, температури, типу організму. Необхідна нейтралізація хімікатів
Обробка ультрафіолетом	УФ-лампи знаходяться в кварцовому кожусі. Випроміювання впливає на ДНК мікроорганізмом	Легкість монтажу, ефективність проти широкого діапазону типів організмів	Придатна тільки чиста вода для ефективності процесу	Може застосовуватися у комбінації з такими реактивами, як двоокис титану, озон або перекис водню
Дезоксидація	Асфіксія вселенців шляхом зниження парціального тиску кисню (введенням інертного газу або вакуумом)	Видалення кисню уповільнює корозію. Якщо генератор інертного газу вже встановлений, потребується малий простір	Час до асфіксії-1-4 дні	Розроблений спеціально для баластних вод
Кавітація	Руйнування клітин організмів ультразвуком або інжекцією газу	Корисний в якості попередньої обробки	Необхідність у додатковій обробці	—
Нагрів	Термообробка	Баласт дезінфікується за рахунок води, що використовується для охолодження двигунів	Занадто висока тривалість для досягнення ефекту	—

Існують проекти повернення баластної води в той порт, де вона була прийнята на борт. Реалізація подібних заходів малоімовірна для більшості суден, окрім, можливо, застосування на пасажирських, де (поки теоретично) такий варіант може бути розглянутим [8].

Поряд з цим розглядаються такі методи [11]:

– сертифікація чистого баласту – полягає в отриманні судном лабораторного сертифіката в порту прийому баласту. У такому сертифікаті повинно зазначатися, що в судовому баласті відсутні водні організми, які можуть бути небезпечні в порту скидання. Вочевидь, існують певні сумніви в ефективності цього методу.

– збереження баласту на судні протягом тривалого часу – у воді, яка знаходиться в судових танках більше 100 діб практично всі водні організми гинуть через відсутність світла і високий вміст заліза. Проте абсолютна більшість суден не має можливості зберігати баласт на борту протягом більш ніж трьох місяців.

– електролітичне генерування іонів міді та срібла – метод достатньо ефективний, проте деякі організми можуть адаптуватися до впливу іонів міді та срібла, крім того вплив високої концентрації цих речовин на природне середовище ще недостатньо вивчений.

Існують і пропозиції стосовно регіонального вирішення проблеми: морська адміністрація Нідерландів, наприклад, запропонувала країнам Перської затоки організувати перевезення прісної води в баластних танках танкерів під час баластних переходів з Європи в країни Затоки [12].

Висновки. Аналізуючи наведені п'ять основних методів, можна зробити висновок, що практично застосовуваними і ефективними на даний час є другий, третій і п'ятий методи. Другий метод, безумовно, найбільш простий і логічний, а з точки зору ефективної морської практики його необхідно застосовувати у всіх випадках планованого прийому баласту. Однак він не дає гарантованих 100-відсоткових результатів. Тому застосовувати його потрібно тільки в поєднанні з іншими методами. Найбільш ефективним є третій метод з обробкою баласту на борту судна, оскільки його можна використовувати на будь-яких типах суден в незалежності від району плавання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Александров Б. Г. Проблема переноса водных организмов судами и некоторые подходы к оценке риска новых инвазий / Б. Г. Александров // Морской экологический журнал. – 2004. – Т. 3. – № 1. – С. 5-17.
2. Горбов В. М. Суднова енергетика та Світовий океан : підручник / В. М. Горбов, І. О. Ратушняк, С. І. Трушляков, О. К. Чередниченко. – Миколаїв : НУК, 2007. – 596 с.
3. Петренко Н. Ф. Эколого-гигиеническая оценка методов обработки и обеззараживания судовых балластных вод [Текст] / Н. Ф. Петренко, А. В. Мокиенко // Актуальные проблемы транспортной медицины. – 2011. – № 1(23). – С. 61-65.
4. Hallegraeff G. M. Transport of toxic dinoflagellates via ships' ballast water: bioeconomic risk assessment and efficacy of possible ballast water management strategies [Text] / G. M. Hallegraeff // Marine Ecology Progress Series. – 1998. – Vol. 168. – P. 297-309.
5. Ballast Water Management [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.imo.org/OurWork/Environment/BallastWaterManagement/Pages/Default.aspx>.
6. Ballast water treatment technologies and current system availability [Electronic resource]: Part of Lloyd's Register's Understanding Ballast Water Management series. – London, 2012. – Mode of access: http://www.lr.org/Images/BWT2012v2b_tcm155-242898.pdf.
7. International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973, as modified by the Protocol of 1978 relating thereto [Electronic resource]. – Mode of access: http://web2.deu.edu.tr/yo/diyyo/okm/MODULES/TERM%20II/T2Module12/DECK/EnderAsyal%C4%B1_t2m12d/MARPOL%2021.pdf.
8. Guide for ballast water treatment [Electronic resource]. – Houston: American Bureau of Shipping, 2011. – Mode of access: <http://www.eagle.org/eagleExternalPortalWEB/ShowProperty>

/BEA%20Repository/Rules&Guides/Current/187_BWT/Guide.

9. Emerging Ballast Water Management Systems [Electronic resource]. – Malmö, Sweden: IMO-WMU Research and Development Forum, 26-29 January 2010. – Mode of access: <http://globallast.imo.org/EmergingBallastWater.pdf>.

10. Ballast Water Treatment Advisory [Electronic resource]. – Houston: American Bureau of Shipping, 2011. – Mode of access: <http://www.eagle.org/eagleExternalPortalWEB/ShowProperty/BEA%20Repository/References/ABS%20Advisories/BWTreatmentAdv>.

11. Marine Environmental Protection Committee. Harmful Aquatic Organisms in Ballast Water. Ballast Water Annex to MARPOL 73/78 and Progress in the Australian Ballast Water Management and Research and Development Programmes. MERC 41/INF.26. 30.01.1998. 4 p.

12. Чужеродные виды: руководящие принципы для предотвращения, интродукции, уменьшения воздействия, ЮНЕП/КБР/ВОНТТК/5/5, Монреаль, февраль 2000 г.

МОНІТОРИНГ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ВИКИДАМИ ВІД АВІАЦІЙНИХ ДВИГУНІВ В МЕЖАХ АЕРОПОРТУ

Запорожець О.І., Синило К.В., Кажан К.І.,
Національний авіаційний університет (Україна, м. Київ),
Bluykher B.,
Indiana State University, Indiana (USA)

Об'єктом дослідження є моніторинг за забруднення атмосферного повітря (АП) і відповідна оцінка впливу повітряних суден (ПС) по чиннику викидів забруднюючих речовин (ЗР) від авіадвигунів (АД) на якість повітря в межах аеропорту (локальне забруднення) та довколишніх районах (регіональне забруднення). Вимірювання характеристик емісії авіаційних двигунів забезпечує об'єктивні дані для перевірки і удосконалення розроблених моделей та відповідний контроль забруднення атмосферного повітря, що утворюється при експлуатації повітряних суден в межах аеропорту.

Інструментальний моніторинг викидів пріоритетних ЗР (NO_x (оксиди азоту), CO₂ (діоксид вуглецю) та CO (оксид вуглецю)) внаслідок емісій авіадвигунів було здійснено на базі двох станцій моніторингу (стаціонарна станція А та пересувна станція В) за реальних експлуатаційних умов в льотній зоні №1.

На основі розрахункової комплексної моделі PolEniCa (розробка НАУ) була розроблена схема розміщення станцій інструментального моніторингу для виявлення та визначення максимальних миттєвих концентрацій ЗР, які формуються у струменях відпрацьованих газів від АД для максимального режиму (розгін уздовж смуги, зліт) та режиму малого газу (руління).

Отримані результати безперервного вимірювання концентрацій NO, NO_x, CO₂ та метеорологічних параметрів (швидкість та напрямок вітру, температура АП) на базі обладнання пересувної станції В були відкориговані у часі, табл. 1 та рис. 1. Для виявлених піків максимальних концентрацій NO, NO_x, у струменях відпрацьованих газів від АД були обчислені усереднені величини метеорологічних чинників (напрямок та швидкість вітру, температура), табл.1.

Таблиця 1 – Результати безперервного вимірювання концентрацій NO, NO_x у струменях відпрацьованих газів від АД та АП

Час	Тип ПС	Операція	NO _x , млн ⁻¹			Метеорологічні умови		
		Руління	Фон	Максиму м	АД	Вітер		Тем- ра, °С
		Зліт				Швидкість м/с	Нап- рям, град.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
12:32	BAE147	ТХ	10,821 5	14,58333	3,76181	5,458333	5,6	16,23
12:32	BAE147	ТХ	1,2955	14,46364	13,16814	7,23	128,0	16,58
12:36	BAE147	T/O, peak1	4,8107 1	33,40524	28,59453	6,35	148,78	17,83
12:36	BAE147	T/O,peak 2	4,8107 1	31,85702	27,04631	5,7	119,91	17,17 3
12:36	BAE147	T/O, peak1	1,7015 7	20,09119	18,38962	4,57	119,80	16,82
12:36	BAE147	T/O, peak2	1,7015 7	17,84545	16,14388	6,35	119,30	17,83
12:39	A321	T/O	11,402	52,1703	40,76832	7,285	123,154	12,95
12:39	A321	T/O	0,7167 1	41,30316	40,58646	8,58	139,0	14,43 8

Продовження табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
12:42	B735	T/O	9,6010 5	76,08163	66,48058	7,77	126,9	16,090
12:42	B735	T/O	0,7683 6	84,73491	83,96655	7,51	109,0	16,35
12:55	B735	TX	9,9945 1	20,0821	10,08759	6,40	126,0	14,3
12:55	B735	TX, peak1	1,4755 6	21,02	19,54444	6,47	125,7	13,94
12:55	B735	TX, peak2	1,4755 6	17,95	16,47444	6,51	128,3	13,95
12:58	B735	T/O	9,7517 1	22,22159	12,46988	7,55	150,0	14,15
12:58	B735	T/O	1,7406 3	26,90678	25,16616	8,35	158,0	14,7

Досліджений розподіл заміряних концентрацій дозволив визначити фонове значення (максимум розподілу) для кожної досліджуваної величини, наприклад для NO_x (рис. 2), максимум розподілу відповідає концентрації 10,4 ppbV. Результати безперервного вимірювання (12:30÷13:00) концентрацій NO у струмені газів від АД у порівнянні з фоновією концентрацією наведені на рис. 3.

Аналізуючи результати виявлених максимальних концентрацій NO_x , CO у викидах АД за розглянутими системами вимірювання і зіставляючи їх із графіком руху ПС, можна спостерігати чітку кореляцію. А саме, період розгону ПС ЗПС відповідає яскраво вираженому піку концентрації NO_x у низці безперервних спостережень, в той час як період руління ПС МРД – піку CO.

– На підставі порівняльного аналізу знайдено різницю між величинами індексів емісії NO_x та величинами наданими ІСАО для досліджуваних типів двигунів, Табл. 2. Виміряні параметри емісії АД в експлуатаційних умовах порівняні зі сертифікаційними даними з банку ІСАО (табл. 2), але вони ще не відображають остаточні результати забруднення атмосферного повітря.

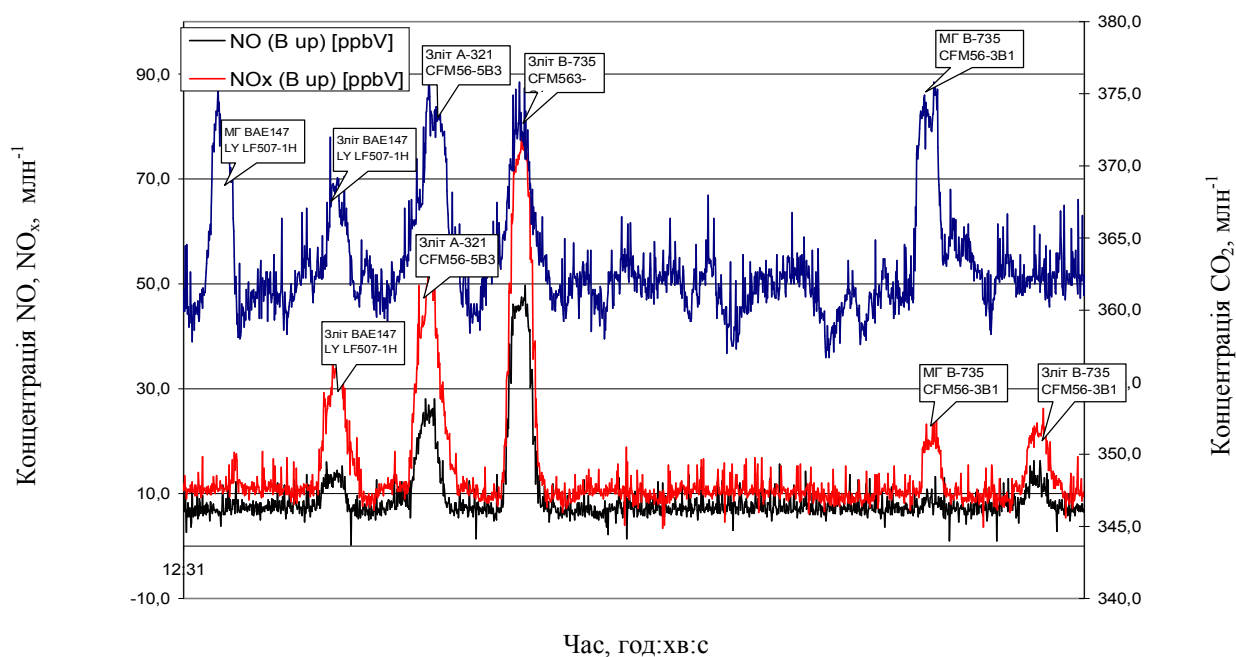


Рисунок 1 – Результати безперервного вимірювання концентрацій NO, NO_x , CO_2 у струмені від АД та АП (12:30÷13:00) із забором газової суміші на висоті 6 м та швидкості вітру на базі обладнання пересувної станції В

Чинники, які впливають на різницю між рівнями емісії АД і вимірними значеннями концентрацій ЗР в атмосферному повітрі, наступні:

- тип АД в силовій установці повітряного судна;
- компоновка силової установки в конструкції повітряного судна;
- параметри газів АД, що відпрацювали, перш за все температура і швидкість струменя на зрізі сопла двигуна;
- етап руху повітряного судна (стоянка, рулювання, розгін по злітно-посадковій смузі з утворенням вихрової пелени);
- метеорологічні параметри (швидкість і напрям вітру, атмосферна стійкість і ін.).

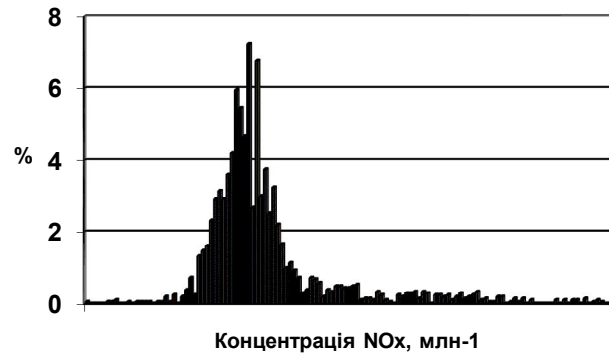


Рисунок 2 – Розподіл фонових концентрацій NO_x в точці вимірювання

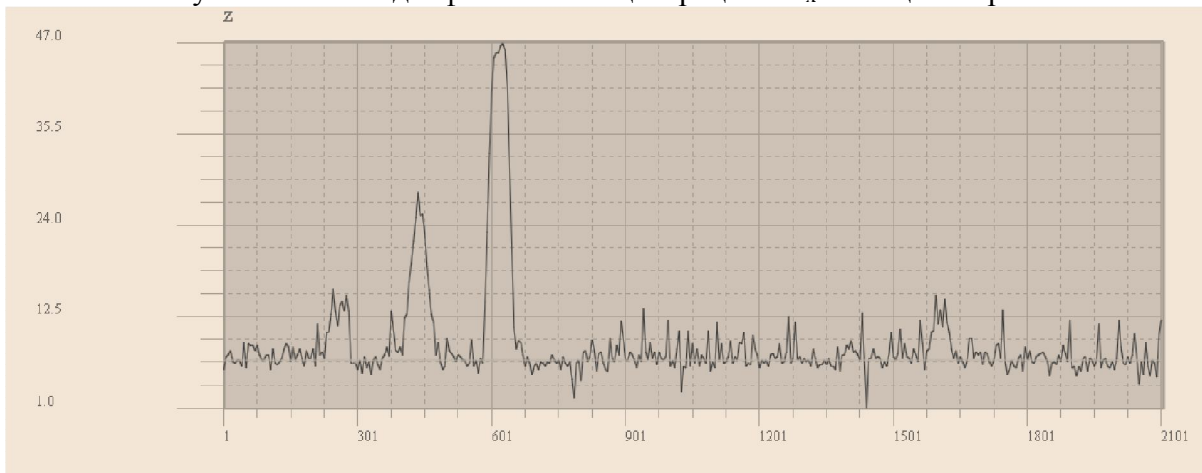


Рисунок 3 – Результати безперервного вимірювання (12:30÷13:00) концентрацій NO_x (млн⁻¹) у струмені газів від АД у порівнянні з фоновією концентрацією (зелена лінія)

Результати спостереження показали, що максимально-разова концентрація NO_x і NO в точці вимірювання на верхній станції становить 13.73 та 8.83 млн⁻¹ відповідно, з вилученням фонових значень внесок забруднення від викидів цих газів АД - 3.43 та 1.83 млн⁻¹ відповідно.

Також виконане порівняння обчислених концентрацій з вимірними для умов реалізованого сценарію досліджень, результати наведені в табл. 3. Умови натурального експерименту обумовили вимірювання (та наступне обчислення) концентрацій для етапу Руління – в струмені газів від АД, а для етапу Розбіг/Зліт – в умовах перенесення ЗР вітром. Програма PolEmitCa дозволяє обчислювати концентрації в обох зазначених випадках. Результати порівняння обчислених даних з вимірними значеннями дозволяє стверджувати про адекватність та достовірність реалізованих в програмі PolEmitCa моделей та алгоритмів.

Таблиця 2 – Порівняння визначених індексів емісії АД на базі вимірних величин концентрацій ЗР у струмені відпрацьованих газів від АД з показниками ICAO

Час	Тип ПС	Операція Руління(ТХ) Зліт (Т/О)	EI NO _x (ICAO) г/кг	EI (NO _x) г/кг	Δ	%
12:32	BAE147	ТХ	3,28	1,01	-2,27	69,21
12:32	BAE147	ТХ	3,28	0,9	-2,38	72,56
12:36	BAE147	T/O, peak1	14,52	14,85	0,33	2,27
12:36	BAE147	T/O, peak 2	14,52	14,05	-0,47	3,24
12:36	BAE147	T/O, peak1	14,52	7,01	-7,51	51,72
12:36	BAE147	T/O, peak2	14,52	6,15	-8,37	57,64
12:39	A321	T/O	18,55	10,84	-7,71	41,56
12:39	A321	T/O	18,55	18,5	-0,05	0,27
12:42:00	B735	T/O	16,60	17,76	1,16	6,99
12:42:00	B735	T/O	16,60	12,54	-4,06	24,46
12:55	B735	ТХ	3,90	2,99	-0,91	23,33
12:55	B735	ТХ, peak1	3,90	2,32	-1,58	40,51
12:55	B735	ТХ, peak2	3,90	1,96	-1,94	49,74
12:58	B735	T/O	19,40	17,35	-2,05	10,57
12:58	B735	T/O	19,40	11,34	-8,06	41,55

Таблиця 3 – Порівняння вимірних та обчислених концентрацій NO_x за програмою PolEmission

Час	Тип ПС	Операція	Вимірювання AC31M (США)		Вимірювання Elan (РФ)		Обчислення PolEmission NO _x
			Нижня станція	Верхня станція	пік 1	пік 2	
			NO _x	NO _x	NO _x	NO _x	
12:32	BAE 147	TAXI	14,77	17	-	-	45,2
12:36	BAE 147	T/O	22,0667	33,9	38	35	30,9
12:36	A321	TAXI	18,9667		35		39,4
12:39	A321	T/O	44	54,2	39	70	90,6
12:39	B735	TAXI	21,3		72		28,1
12:42	B735	T/O	94,09471	76,57	40	45	39,8
12:55	B735	TAXI	22,3333	21,333	97	51	29,6
12:58	B735	T/O	29,2	23,4	45	41	31,4

Застосування комбінованого підходу для оцінки впливу експлуатації ПС на якість АП на підставі систем інструментального моніторингу (пересувна станція) та розрахункових моделей надає більш точного уявлення про роль викидів АД у загальному забрудненні АП аеропорту та забезпечує підвищення рівня достовірності отриманої інформації для реалізацію наступних етапів стратегії регулювання якості АП. Практична сторона комбінування інструментального моніторингу та засобів моделювання полягає в тому, що в деяких випадках, коли технічні засоби інструментального моніторингу не дозволяють максимально виявити викиди ЗР від АД, доцільно застосовувати розроблені моделі, які забезпечують достовірну оцінку внеску викидів АД у локальне та регіональне забруднення в межах аеропорту з урахуванням експлуатаційних та метеорологічних умов. Також, як було рекомендовано вище, така заміна може стати доцільною альтернативою інструментальному моніторингу через високу вартість обладнання останнього та залучених систем вимірювання забруднення АП під час експлуатації ПС.

ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРА ЧАСТИЦЫ КАТАЛИЗАТОРА НА ТЕМПЕРАТУРЫ САМОВОСПЛАМЕНЕНИЯ И ЗАЖИГАНИЯ ГОРЮЧИХ ГАЗОВ

Калинчак В.В., Черненко А.С., Калугин В.В.,

Одесский национальный университет имени И.И. Мечникова (Украина),

Софронков А.Н.,

Одесская национальная академия связи имени А.С. Попова (Украина),

Селиванов С.Е.,

Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Введение. Обеспечение пожаробезопасности судов при перевозке легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ), исключение загрязнения атмосферы углеводородами, оксидами азота и серы, угарным газом попрежнему остается актуальной задачей. Эффективным средством улучшения экологических и энергетических показателей транспортных средств остается их оснащение дисперсными каталитическими нейтрализаторами. Вместе с тем окисленные металлические частицы могут способствовать зажиганию паров ЛВЖ. Температура газовых выбросов непосредственно перед пропусканием через систему катализаторов может повлиять на рабочий интервал концентраций горючих газов и размеров частиц катализатора [1].

В работе [1] предложен метод поиска критических условий каталитического самовоспламенения и зажигания горючих газов на частицах катализатора. Анализируется влияние температуры газовой смеси и размера частицы катализатора на критические значения концентрации горючего, находящего в недостатке. Показана роль теплообмена излучением на образование второго верхнего предела каталитического воспламенения и зажигания по диаметру катализатора.

В данной работе на примере каталитического окисления малых содержаний аммиака с кислородом воздуха на платиновой частице проанализированы зависимости температуры воспламенения от размера частицы катализатора.

Определение критических условий. Рассмотрим сферическую частицу катализатора, на поверхности которой протекает экзотермическая гетерогенно-каталитическая реакция. Ее теплообмен с окружающим газом происходит по закону Ньютона-Рихмана, а с окружающими телами – по закону Стефана-Больцмана.

Зависимости критических температур каталитического воспламенения T_{gi} и погасания T_{ge} от диаметра частицы (числа Семенова, т.е. диффузионно-кинетического соотношения) можно найти, применив условие экстремума на зависимости (1) температуры газа от стационарной температуры частицы катализатора $\partial T_g / \partial T = 0$:

$$T_g = T - \frac{Z_a Q_a \rho_{gs} k_0}{c_g \rho_g \beta L u^{-1+m} (1+Se)} \exp\left(-\frac{E}{RT}\right) \cdot \left(1 - \frac{\varepsilon \sigma (T^4 - T_w^4)}{Z_a Q_a \rho_{gs}} (1+Se)\right) \quad (1)$$

В качестве определяющего размера катализатора берется величина $d_* = d / Sh$, являющаяся отношением диаметра частицы d к критерию Шервуда Sh . Критерий Шервуда является функцией диаметра частицы и скорости относительного движения газа, входящих через число Рейнольдса.

Здесь Q_a – тепловой эффект реакции, рассчитанный на килограмм горючего, Дж/кг; Z_a – относительная массовая концентрация активного компонента на поверхности катализатора и в окружающем газе; k – константа гетерогенно-каталитической реакции, м/с; $Se = k / \beta$ – кинетическое число Семенова (диффузионно-кинетическое отношение),

$Lu = D_a/a_g$ – критерий Льюиса, D_a – коэффициент концентрационной диффузии активного компонента, м²/с; a_g – коэффициент температуропроводности газа, м²/с; T , T_g , T_w – температура поверхности катализатора, газа и стенок, К, Nu – число Нуссельта; n – показатель степени в зависимости коэффициента диффузии от температуры (от 1.5 до 2).

В результате получено следующее уравнение для определения в параметрическом виде числа Семенова

$$1 + A \frac{k}{\beta} - B \frac{k}{\beta} \left(1 + \frac{k}{\beta}\right)^{-2} = 0, \quad (2)$$

$$A = \frac{4\varepsilon\sigma T^3}{c_g \rho_g k Lu^{-1+m}}, \quad B = \frac{Z_a Q_a}{c_g Lu^{-1+m}} \frac{E}{RT^2}, \quad k = k_0 \exp\left(-\frac{E}{RT}\right), \quad \beta = \frac{D_a}{d_*}.$$

Данное уравнение (2) является кубическим относительно числа Семенова k/β . Его аналитическое решение в виде параметрической зависимости числа Семенова от температуры частицы $k/\beta_{i,e} = f_1(T)$ катализатора достаточно громоздкое.

На рис. 1 и рис. 2 представлены зависимости критических температур воспламенения и погасания газа от диаметров частицы катализатора для различных концентраций горючего вещества в газе. На полученных зависимостях наблюдается минимум, который с ростом концентрации горючего в смеси смещается в область меньших температур газа. При этом области воспламенения и зажигания по диаметру расширяются.

Анализ диффузионно-кинетического отношения в критических точках позволяет приближенно получить зависимости критических параметров.

Критические условия каталитического самовоспламенения газов. Критические точки самовоспламенения характеризуются малым значением числа Семенова. Это позволяет в выражении (2) произвести замену $(1 + k/\beta)^2 \approx 1$.

Решение (2) для критического значения числа Семенова представим в виде

$$\frac{k}{\beta}_i = \frac{1}{B - A}. \quad (3)$$

Использование формулы (3) совместно с (1) удовлетворительно описывает всю кривую самовоспламенения. Подстановка (3) в (1) приводит к зависимости температуры газа от температуры частицы катализатора в критических точках воспламенения:

$$T_{g,i} = T - \frac{RT^2}{E} \cdot \left(\frac{1 - \frac{\varepsilon\sigma T^4}{Z_a Q_a \rho_g k} (1 - (T_w/T)^4)}{1 - \frac{\varepsilon\sigma T^4}{Z_a Q_a \rho_g k} \frac{4RT}{E}} \right).$$

С увеличением диаметра частицы катализатора уменьшается теплоотдача с единицы поверхности в окружающий газ за счет теплопроводности и конвекции. Влияние диаметра на химическое тепловыделение практически отсутствует ввиду кинетической области протекания химической реакции. Поэтому самовоспламенение газов на частице катализатора может произойти при более низкой температуре окружающего газа. Чем крупнее частица, тем больше относительная роль теплообмена излучением с единицы поверхности, увеличение которых увеличивает температуру воспламенения каталитического воспламенения. Таким образом, на зависимости температуры каталитического воспламенения газов T_{gi} от диаметра частицы катализатора имеет

минимум, параметры которого нетрудно определить, применяя условие $\partial T_{g_i} / \partial d = 0$ к (3), в виде

$$\frac{\varepsilon \sigma (T_{g_i}^4 - T_w^4)}{Z_a Q_a \rho_{gs} k_0} \exp\left(\frac{E}{RT_{g_i}}\right) \Big|_L = 1.$$

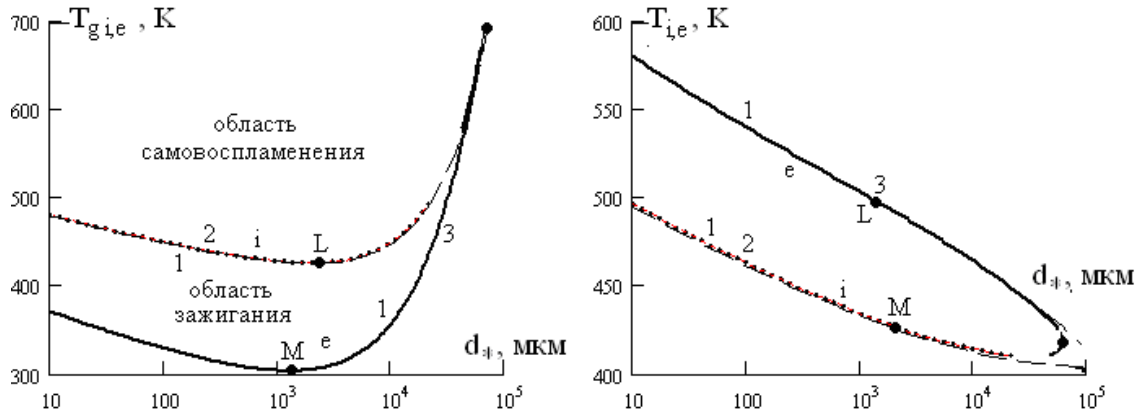


Рисунок 1 – Зависимость критических значений температуры газа (а) и температуры частицы катализатора (б) от диаметра частицы катализатора (при $T_w = 293$ К) при относительной массовой концентрации горючего газа 1.8 %: 1 – точное решение, 2 – решение (1), (3), 3 – решение (1), (4)

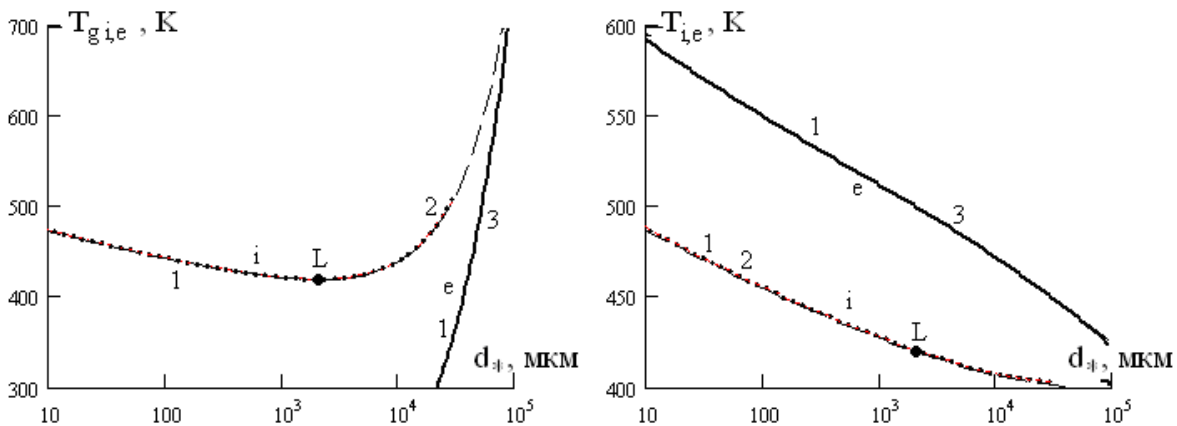


Рисунок 2 – Зависимость критических значений температуры газа (а), температуры частицы катализатора (б) от диаметра частицы катализатора (при $T_w = 293$ К) при относительной массовой концентрации горючего газа 3.1 %: 1 – точное решение, 2 – решение (1), (3), 3 – решение (1), (4). $T_{g,L} = T_{i,L}$,

Обратим внимание, что указанный минимум наблюдается лишь при условии холодных стенок относительно газа ($T_g > T_w$).

Критические условия каталитического погасания газов.

Характерные значения числа Семенова в критических точках погасания близки к 10, что не является слишком большой величиной. Поэтому для определения условий каталитического погасания газов используем следующее приближение $\left(1 + \frac{k}{\beta}\right)^2 \approx 2 \frac{k}{\beta} + \left(\frac{k}{\beta}\right)^2$ в уравнении (4). В результате его решение имеет вид:

$$\left. \frac{k}{\beta} \right|_e = \frac{-2A+1+\sqrt{(2A+1)^2-4A(2-B)}}{2A}. \quad (4)$$

Практически всю кривую предельного зажигания удается описать системой параметрических уравнений (1) и (4). Лишь вблизи точки вырождения, когда число Семенова близко к единице приближенные зависимости (3) и (4) бессильны.

Химическое тепловыделение на единице поверхности при указанных характерных значениях чисел Семенова уменьшается с ростом диаметра частицы катализатора тем слабее, чем меньше размер частицы. Для мелких частиц ввиду малой относительной доли теплового излучения общие теплотери с единицы поверхности с ростом диаметра падают быстрее, чем тепловыделение. Это и объясняет уменьшение критического значения температуры каталитического погасания газов T_{ge} с ростом диаметра частицы. Увеличение роли теплотери излучением с совместным уменьшением тепловыделения объясняет более резкое возрастание температуры каталитического погасания, чем для случая воспламенения.

Таким образом, на зависимости температуры каталитического воспламенения газов T_{gi} от диаметра частицы катализатора имеет минимум M . Для этой точки получены следующие соотношения:

$$\left. \frac{d}{Sh} \right|_{e_m} = \frac{c_g \rho_g D_a Lu^{-1+m}}{\varepsilon \sigma (T_{e_m}^4 - T_w^4)} \frac{RT_m^2}{E}, \quad T_{e_m} = \left(\frac{1}{2-b} \right) \left(T_m - 2 \frac{T_m^2}{T_E} \right) - T_m \left(\frac{b-1}{2-b} \right), \quad (5)$$

$$b = 1 + \frac{1}{2} \frac{\beta}{k} = 1 + \frac{1}{2} \cdot \frac{T_m^2}{(T_m T_E - 2T_m^2 - T_g T_E)}, \quad T_m = T_g + \frac{Q_a Z_a}{c_g} \cdot Lu^{1-m}.$$

Величина b вдали от точки вырождения ($Se \gg 1$) близка к единице. Поэтому $T_{e_m} = T_m - 2T_m^2/T_E$. Вблизи вырождения критических условий число Семенова $Se \approx 1$ и величина $b \approx 1.5$. Поэтому $T_{e_m} \approx T_m - 4T_m^2/T_E$.

Расчет по (5) с ошибкой менее 1% описывает соответствующие предельные критические значения температуры и размера катализатора.

Выводы. Таким образом, основываясь на предложенном методе анализа критических условий самовоспламенения и зажигания газов на частице катализатора, проанализирована зависимость критических температур газа от диаметра частицы. Показано возникновение минимума на данных зависимостях, объясняющийся наличием теплообмена излучением с менее нагретыми, чем газ, окружающими телами. Получены выражения для предельных критических условий каталитического воспламенения и зажигания газов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Калинчак В. В., Черненко А. С., Калугин В. В., Софронков А. И. Критические и устойчивые условия тепломассообмена частиц катализатора при гетерогенном окислении малых содержаний горючих и токсичных газообразных веществ // Научный вестник Херсонской государственной морской академии : научный журнал. – Херсон : издавництво ХДМА, 2012. – № 1 (6). – С. 253-265.

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ТОПЛИВА ДЛЯ СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК (СЭУ)

Леонов В.Е.,

Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Введение. Использование на морском транспорте традиционного топлива – дизельное легкое, тяжелое топливо, флотский мазут – осложняется следующими проблемами:

1. Ограниченность ресурсов нефтяного углеводородного сырья, из которого это топливо получается (по прогнозам запасов хватит не более, чем на 50 лет).
2. Дороговизна этого топлива, поскольку запасы углеводородного сырья ограничены (п.1).
3. Существенный ущерб, наносимый окружающей среде, отработанными газами СЭУ, ввиду их токсичности, здоровью человека, снижению биоразнообразия морской среды.

Постановка проблемы. Согласно принятого Приложения VI к Международной Конвенции Марпол 73/78 «Предотвращение загрязнения воздушного бассейна при эксплуатации судов» приняты следующие ограничения:

- 1) в районе «СЕКА» (Балтийское, Баренцево, Северное моря) используется топливо с низким содержанием серосоединений не более 1,0 % масс. (для сравнения в обычном топливе содержание серосоединений – 4,5 % масс.);
- 2) массовая эмиссия диоксида серы с отработанными газами СЭУ не должна превышать 6 г/кВт ч;
- 3) сокращение эмиссии оксидов азота, содержащимися в отработанных газах СЭУ.

Национальными законодательными актами США, Канады приняты еще более жесткие требования по снижению содержания серосоединений: в 25 мильной зоне вдоль побережья этих стран можно использовать дизельное топливо с содержанием серосоединений не более 0,1% масс.

Получение низкосернистого дизельного топлива технически возможно. Широко известен процесс «Clauss» обессеривания дизельного топлива, включающий в себя сложную процедуру каталитического гидрообессеривания при высоких температурах и давлениях. В зависимости от глубины гидроочистки дизельного топлива (ДТ) различают следующие процессы:

1. Clauss ($\alpha=95\%$);
2. High Clauss ($\alpha=97,5\%$);
3. Super Clauss ($\alpha=99,5\%$);

Естественно, чем выше глубина обессеривания « α », тем дороже дизельное топливо. Так, в настоящее время очищенное от серосоединений дизельное топливо («S»-соединений не более 0,1% масс) в 5-8 раз дороже обычного дизельного топлива («S»-соединения $\leq 4,5$ % масс), а дизельное топливо («S»-соединения $\leq 1,0$ % масс) в 2-4 раза дороже обычного ДТ («S»-соединения $\leq 4,5$ % масс).

Отсюда становится очевидность бесперспективности этого направления защиты воздушного бассейна.

Результаты исследований. В 2012 году создано грузовое судно с главным двигателем, использующим в качестве топлива сжиженный газ – пропан-бутановая фракция, – в котором отсутствуют серосоединения.

Однако, это можно оценить, как хороший, но бесперспективный эксперимент, поскольку с одной стороны запасы углеводородного сырья ограничены (п.1), а с другой – выход из добытой нефти сжиженного газа не превышает 5%.

Поэтому необходимо ориентировать морской транспорт на использование топлива с большой кратностью запаса, а также промышленные, сельскохозяйственные и бытовые отходы [1].

В качестве альтернативных источников энергоресурсов можно рассматривать: ветровую, солнечную, геотермальную энергию, энергию приливо-отливных явлений, водород.

Для морского транспорта указанные выше альтернативные источники энергии имеют экзотический, камуфляжный характер, поскольку ещё не имеется эффективных прогрессивных технологий их применения и производства.

Бассейн Чёрного моря является мощным источником неординарных энергоресурсов-сероводород и донные кристаллогидраты. Донные кристаллогидраты представляют собой твёрдофазный сплав льда и растворённых (адсорбированных) углеводородов C_1-C_{5+} . Техническая проблема в использовании кристаллогидратов состоит в их добычи, транспортировки на поверхность морской среды, а регазификация и переработка кристаллогидратов в химические соединения и моторное топливо не представляет промышленных осложнений и может быть реализована в существующих нефтехимических комплексах.

Известно, что сероводород, содержащийся в бассейне Чёрного моря, представляет огромную потенциальную опасность для стран Причерноморья [2, 3, 5].

Научно-технические проблемы широкого использования сероводорода для производства моторных топлив и химических соединений включают следующие:

- глубоководная добыча сероводорода;
- эффективная переработка сероводорода в моторное топливо и химические соединения.

Нами разработано оригинальное техническое решение по глубоководной морской добыче сероводорода ($\approx 10\ 000$ м), решение защищено патентом Украины [6].

Техническим решением [6] предусмотрена стационарная морская платформа, на которой осуществляется сбор, хранение и подготовка добытого сероводорода к последующей комплексной переработке (рис. 1).

Последняя осуществляется также на морской платформе.

Комплексная переработка сероводорода представлена ниже (рис. 2).

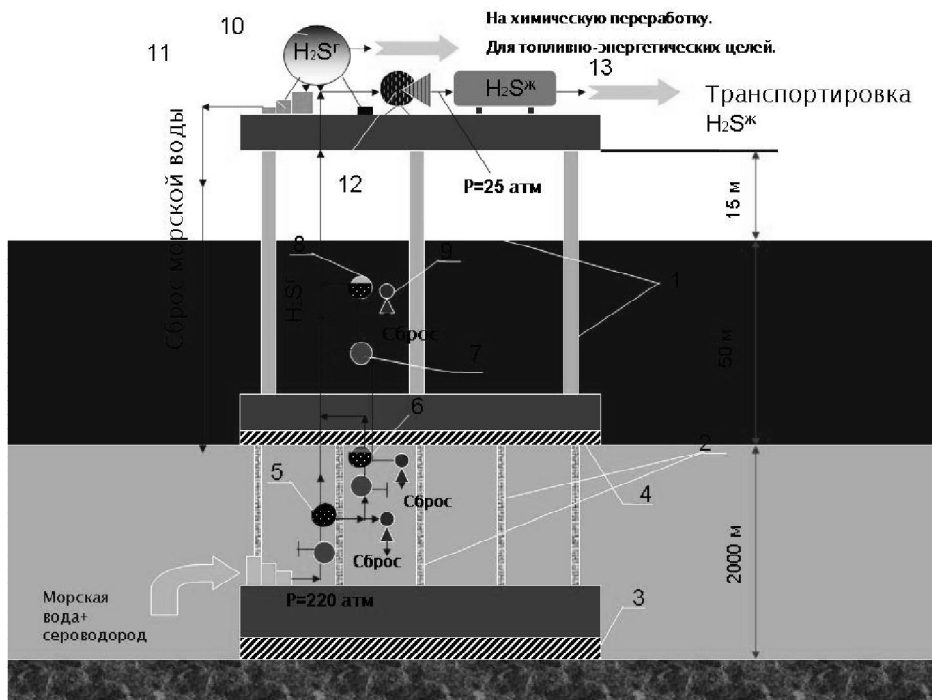


Рисунок 1 – Глубоководная морская добыча сероводорода

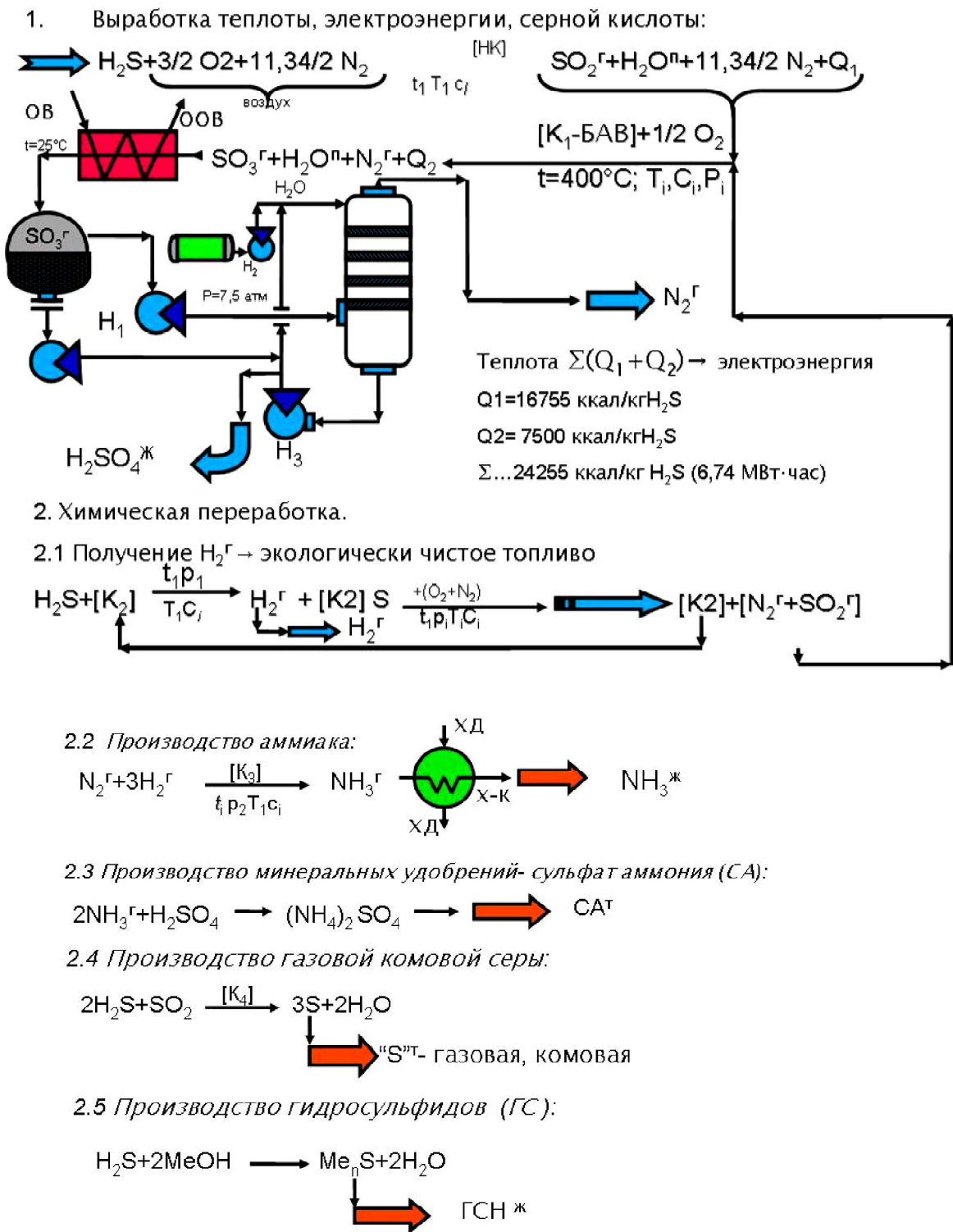


Рисунок 2 – Рациональные пути переработки сероводорода, добытого из глубин Черного моря

Технико-экономические преимущества системы добычи сероводорода [6]:

- получение энергии в турбодетандерах за счет понижения давления морской воды с сероводородом;
- максимальная глубина добычи до 10000 м;
- возможна комплексная добыча углеводородного сырья – попутного нефтяного, природного газа, нефти, газового конденсата;
- минимальный дифферент надводной платформы;

– получение, накопление, хранение и транспортировка сероводорода в газообразном и жидком состояниях;

– возможность блочно-комплектного монтажа установок.

Отдельные технологические процессы отличаются оригинальностью и защищены патентами Украины [6-11].

В патенте [8] предложен способ переработки сероводорода в топливо для СЭУ.

Способ отличается высокими экономическими показателями, эмиссия вредных токсичных компонентов с отработанными газами в атмосферу полностью отсутствует.

При комплексной добыче и переработки сероводорода Черного моря решаются три основные проблемы:

1) снижается потенциальная опасность «прорыва» через толщу морской воды токсичного, взрыво-паяжароопасного сероводорода;

2) снижается зависимость стран от импорта углеводородных энергоносителей;

3) резко снижается социально-экономический и экологический ущерб окружающей среде стран Причерноморья.

Очевидны экономические преимущества использования сероводорода Черного моря в сравнении с традиционными углеводородными энергоносителями – расчётная стоимость 1000 м³ сероводорода составляет 35 долл. США в сравнении с 350 долл. США за 1000 м³ природного газа, т.е. стоимость сероводорода в 10 раз ниже стоимости природного газа и, соответственно значительно ниже стоимость топлива и химических соединений, полученных из сероводорода.

Выводы :

1. Разработать исходные данные для технико-экономического обоснования добычи и переработки сероводорода Черного моря.

2. Разработать технико-экономическое обоснование (ТЭО) добычи и переработки сероводорода Черного моря в моторное топливо и химические соединения.

Заказчик – Министерство промышленной политики Украины.

3. Разработать ТЭО создания опытно-промышленной установки добычи и переработки сероводорода Черного моря в топливо для СЭУ, химические соединения и минеральные удобрения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Леонов В. Е., Ходаковский В. Ф., Куликова Л. Б. Основы экологии и охрана окружающей среды : Монография / под редакцией В. Е. Леонова. – Херсон : Издательство Херсонского Государственного морского института, 2010. – 352 с.

2. Леонов В. Е. Энергетическая стабильность стран Причерноморья // Материалы VI Международной конференции «Стратегия качества в промышленности и образовании» (Варна, Болгария, 2010),. – С. 308-311.

3. Леонов В. Е., Гацан Е. А. Рациональное использование морского сероводорода для топливно-энергетических целей и химического синеза. – Науковий Вісник ХДМІ : Науковий журнал – Херсон : Видавництво ХДМІ. 2010. – №1 (2). – С.142-148.

4. Леонов В. Е. Санитарная очистка отработавших газов судовых энергетических установок // Науковий вісник ХДМІ : Науковий журнал – Херсон : Видавництво ХДМІ, 2010. – С. 119-123.

5. Дмитриев В. И., Леонов В. Е., Химич П. Г., Ходаковский В. Ф., Куликова Л. Б. Обеспечение безопасности плавания судов и предотвращение загрязнения окружающей среды : монография/под ред. В. И. Дмитриева, В. Е. Леонова. – Херсон : Видавництво ХГМА, 2012. –397 с.

6. Патент України на винахід №92422. Плаваючий комплекс для глибоководного видобутку сірководню із морської води і спосіб запуску плаваючого комплексу; винахідник Леонов В. Є., Гацан В. А., Гацан О. А. – 25.10.10.

7. Патент України на корисну модель №55601 «Спосіб запобігання пожежно-вибухонебезпеці при видобутку газоподібного сірководню з дна Чорного моря і його транспортуванні; винахідник Леонов В. Є., Гацан В. А., Гацан О. А. – Дата подання заявки 18.02.2010, Дата публікації 27.12.2010, Бюл. №24.

8. Патент на корисну модель № 66509 «Спосіб переробки сірководню на паливо для суднових енергетичних установок»; винахідник Леонов В. Є. – від 10.01.2012, Опубл. 10.01.2012, Бюл. № 1

9. Патент Украины UA(19) «Способ очистки отходящих газов, содержащих сероводород, с получением гидросульфида натрия»; винахідник Леонов В. Е., Сомиков А. П., Близниченко С. К., Шпак В. А. – 24.11.1997.

10. Патент Украины (19) України №49642 «Спосіб отримання гідросульфиду натрія з суміші газів, що містить сірководень»; заявник Леонов В. Е., Гацан В. О., Гацан О. А. – 11.05.2010, Бюл. 9, 2010.

11. Патент України на корисну модель №49038 «Спосіб зниження вибухопожежонебезпеки на танкері»; винахідник Леонов В. Е., Гацан Е. А., Гацан В. А. – 12.04.2010. – Бюл. №7.

НОВЫЕ МАГНИТНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОВЫШЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ МАТЕРИАЛОВ, ИНСТРУМЕНТА И ДЕТАЛЕЙ МАШИН ДЛЯ НУЖД ТРАНСПОРТА И ФЛОТА

*Малыгин Б.В., Нечитайло Л.М., Погорлецкий Д.С.,
Херсонская государственная морская академия
(Украина)*

Введение. С магнетизмом человечество знакомо и интересуется им более 300 лет. Исследованием новых магнитных технологий для изменения свойств изделий и применением магнитной обработки в технологии машиностроения, особенно при изготовлении деталей машин и металлообработке, на транспорте и флоте занимались многие авторы. Этому вопросу посвящено много работ зарубежных и отечественных исследователей.[1] Главной задачей статьи является анализ существующих представлений о способах повышения работоспособности материалов, инструмента и деталей машин, влияния магнитных полей на износ и повышение стойкости инструмента, которые позволят наметить пути дальнейших исследований для упрочнения инструмента, а также механизмов и деталей машин в машиностроении.

Актуальность исследования. Суммируя результаты исследований в области магнитной обработки инструмента, указана эффективность магнитно-импульсной обработки (МИО) как наиболее прогрессивного способа ускоренного повышения стойкости инструмента. Отмечается технологическая простота метода и практически отсутствие дополнительных затрат. Также отмечена необходимость глубокой и систематической разработки данного метода с целью расширения промышленного применения магнитно-импульсного упрочнения. Не только для инструмента, но и для всех отраслей машиностроения, где требуется повышение работоспособности, надежности и долговечности изделий.

Целью нашей работы является приведение результатов ряда исследований проведенных по влиянию магнитной обработки на показатели износа, повышение стойкости и работоспособности инструментов, а особенно способах упрочнения деталей машин после магнитной обработки, а также наметить пути дальнейших исследований в области прикладного магнетизма в машиностроении.

Постановка задачи. Для изучения возможностей более широкого применения способов магнитной обработки (особенно магнитно-импульсной) деталей машин и инструмента. Было просмотрено около 800 работ, выполненных в учебных и научно-исследовательских институтах, СКТБ, на заводах и различных предприятиях. Следует отметить, что исследования, приведенные в этих первоисточниках, не систематизированы, так как опыты проводились на различных материалах широкой номенклатурой инструмента и не постоянной технологией. Рассматривались различные типопредставители инструментов, деталей и конструкций машин, а также технология их изготовления. Например, в работах Алексеева А. В и Бороухина Ю. А.[1] изучалось влияние на износ лезвийного инструмента постоянного магнитного, импульсного электромагнитного и электростатического поля. Однако значительный разброс статистических данных не позволяет сделать четких и конкретных выводов о влиянии магнитного поля на износ лезвийного инструмента.

Результаты исследований. В результате проведения ряда исследований были предложены следующие способы использования магнитной обработки инструмента, деталей машин для повышения их работоспособности для нужд транспорта и флота.

Обоснован механизм магнитной обработки инструмента из быстрорежущей стали и лезвийного инструмента со вставками из твердых сплавов. Стойкость инструмента повышается после объемной магнитной обработки при напряженности поля не менее 100кА/м. Концентрации внутренних напряжений в инструменте снижаются в 2...4 раза, теплостойкость его возрастает на 25...50%, а стойкость при обработке заготовок из чугуна и стали, сплавов цветных металлов и пластмасс повышается не менее чем на 30%. Разработана технология упрочнения ножей гильотинных, плоскопараллельных и

сегментных ножниц применяемых при ремонтных работах. Также разработан режим упрочнения оборудования дляковки, штамповки, и литья металлов. После магнитно импульсной обработки стойкость оснастки для холодной и горячей штамповки изделий из черных и цветных металлов повышается в 1,3...2,0 раза. Стойкость режущего инструмента заготовительных участков при ремонте судов возрастает в 1,3...1,8 раза, а ресурс измерительного инструмента, станочных приспособлений, инструмента для монтажа и сборки машин и механизмов флота возрастает в 1,5...2,0 раза, затраты на ремонт снижаются в 1,6...2,5, а простой судов уменьшаются в 2...5 раз [2].

Исследован механизм и особенности магнитного повышения коррозионной стойкости деталей двигателей внутреннего сгорания (ДВС) судов. После магнитно импульсной обработки скорость поверхностной, межкристаллитной, интерметаллидной коррозии оборудования снижается в 1,5...1,8 раза. Расход магнитной энергии на антикоррозионное упрочнение деталей из углеродистой и легированной стали не превышает 1,5...6,0 кДж/кг. Механическая и коррозионная стойкость изделий повышаются одновременно.[3] Показано применение магнитно импульсной обработки, при финишной и специальной обработке деталей ДВС. Внедрение новой технологии на доводочных операциях машиностроительного комплекса сокращает технологическое время, повышает точность обработки и снижает расход абразивных материалов. Магнитная обработка повышает стойкость и качество оксидирования, хромирования, электроискрового легирования, плазменного напыления, и других традиционных методов упрочнения деталей машин, применяемых на транспорте и флоте. Исследовано магнитное повышение работоспособности и надежности электрооборудования и средств автоматики, применяемых в судостроении. Магнитная обработка деталей электрических машин, электрооборудования и средств автоматики, работающих при напряжении 220...6000 В устраняет до 90% остаточных, усталостных и сборочных напряжений, в 1,2...2,8 раза увеличивает их долговечность и уменьшает число отказов. Разработана и экспериментально подтверждена гипотеза спонтанного поглощения и диспергирования магнитной энергии материалами и изделиями. Обобщен опыт объемной и локальной магнитно импульсной обработки образцов сталей и чугунов. Дозирование магнитной энергии 1...5 кДж/кг обеспечивает максимальное разассигнование энергии и устраняет остаточные напряжения. Обобщены методы локального, объемного и стадийного упрочнения стальных деталей судовых двигателей [2].

Выводы и перспективы дальнейшего исследования. Как следует из вышесказанного за счет магнитной обработки, обеспечивается повышение работоспособности и стойкости инструмента и деталей машин. Кроме этого магнитно импульсная обработка как процесс является экономичнее, оперативнее, так как для обработки не требуется специальных помещений, безопаснее и экологически полезнее. Магнитные методы упрочнения и повышения работоспособности, можно применять для устранения основных усталостных нарушений в материалах деталей и конструкций, что позволит не только прогнозировать реальную стойкость механизмов, но и обусловит надежность работы оборудования. Доказана перспективность, простота, экономичность и экологичность использования технологии магнитно импульсной обработки для нужд транспорта и флота. Перспективным представляется изучение влияния магнитной обработки на механические и технологические свойства изделий применяемых на транспорте и флоте.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бороухин Ю. А. О стойкостных зависимостях сверл, подвергнутых магнитной обработке : сб. научн. тр. – Горьковский политехн. ин-т, 1977. – Вып. 39. – С. 36-39.
2. Малыгин Б. В. Магнитное упрочнение изделий (Теория и практика) : монография. / Б.В.Малыгин, А.П. Бень. – Херсон : Издательство Херсонского государственного морского института, 2009. – 352 с.
3. Малыгин Б. В. Магнитно-импульсное упрочнение инструмента и деталей машин. – М. : Машиностроение, 1989. – 120 с.

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ГЕНЕРАТОРА ИМПУЛЬСОВ ДЛЯ МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКИ УГЛЕВОДОРОДНОГО ТОПЛИВА НА АВТОТРАНСПОРТЕ

Малыгин Б.В., Погорлецкий Д.С., Галкин С.А.,
Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Введение. Магнитную обработку топлива на автотранспорте с целью увеличения его потребительских качеств (уменьшения расхода, увеличение мощности двигателей) можно отнести к одной из наиболее дискуссионных и не теряющих своей популярности тем для исследований во время существования современных и сложных технологий [1]. Способствуют этому, в основном, два фактора: необычайная простота и дешевизна такой обработки и заявленный необычайно высокий её экономический эффект. Вместе с тем, можно констатировать, что даже увеличение на 5% потребительских качеств топлива, при обещанных 15-20% и более, такой дешевизне и простоте магнитной обработки, произвели бы революция во всех тепловых машинах. Особенно это касается автотранспорта и судовых энергетических установок. Указанная проблема может быть решена в результате экспериментального исследования обработки топлива импульсами магнитного поля достаточной мощности с регулируемой длительностью и частотой импульса [2].

Актуальность исследования. Проблема экономии топлива на автотранспорте, а также экологические проблемы, связанные с продуктами его сгорания, относятся к наиболее актуальным на сегодня проблемам. Магнитно импульсная обработка топлива позволит существенно повысить его экономическую эффективность и экологические показатели, что и определяет актуальность предлагаемой работы. [3]

Целью нашей работы является разработка конструкции генератора импульсов для магнитно импульсной обработки топлива на автотранспорте, создающего импульсы магнитного поля, с регулируемой длительностью и мощностью.

Постановка задачи. Для достижения поставленной цели при проведении исследований влияния импульсного магнитного поля на свойства углеводородного топлива необходимо считывать определенное количество параметров, а именно: скорость потока топлива, изменение температуры и оборотов двигателя, состав продуктов горения, а также возможность измерять другие характеристики углеводородных топлив непосредственно после его магнитно импульсной обработки.

Создаваемый генератор импульсов должен иметь настройки:

- 1) законы изменения формируемых токов: синусоидальный; линейно-нарастающий; линейно спадающий;
- 2) задавать частоту генератора импульсов;
- 3) регулирующую мощность электромагнитных импульсов;
- 4) длительность импульсов;
- 5) способность генерировать прямоугольные импульсы;
- 6) величину максимального тока.

Результаты исследований. Генератор тактовых импульсов – устройство, генерирующее электрические импульсы определенной частоты. В результате проведенных схемотехнических исследований была предложена конструкция генератора импульсов, обладающего следующими параметрами:

- 1) Генерация прямоугольных импульсов частотой от 10 Гц до 1000 Гц.
- 2) Напряжение питания генератора 9В-12 В
- 3) R1, R3, R5 – резисторы;
- 4) R2, R3 – регулируемые резисторы;
- 5) VD1, VD2 – диод;
- 6) VT1, VT2 –транзисторы;

- 7) С1 ... С4 – конденсаторы;
- 8) D1 –микросхема питания;
- 9) D2 – микросхема генератора импульсов;
- 10) YA – катушка электромагнита;
- 11) FU – плавкий предохранитель;
- 12) C1 и R2, R3 – задают частоту генератора импульсов (D2);
- 13) VT1, VT2 – усиливают сигнал с микросхемы генератора импульсов (D2);
- 14) D1 – преобразует напряжение питания 12В в стабилизированное напряжение 9В для питания схемы управления генератора импульсов.

Блок-схема разработанной конструкции генератора импульсов приведена на рис. 1.

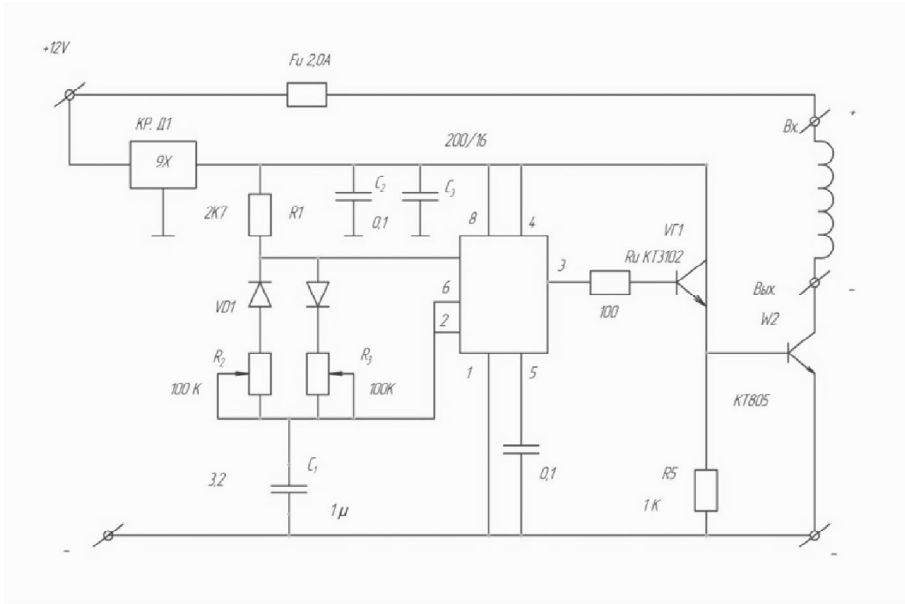


Рисунок 1 – Блок-схема конструкции генератора импульсов

Выводы. В результате проведённых схемотехнических решений удалось разработать конструкцию генератора импульсов, обладающего параметрами, отмеченными в задачах данной работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Малыгин Б. В., Ходаковский А. В., Кавун В. И. Прикладной магнетизм. Магнитная активация водных растворов и органических энергоносителей : монография). – Херсон : Видавництво ХДМА, 2012. – 308 с.
2. Малыгин Б. В., Погорлецкий Д. С., Васильченко Г. Ю., Сапронов А. А. Методы повышения экологической безопасности в процессе магнитной обработки углеводородных топлив для двигателей внутреннего сгорания // Науковий вісник ХДМІ : науковий журнал. – Херсон : Видавництво ХМІ, 2011. – № 2 (5). – С. 132-141.
3. Богданов А. В., Малыгин А. Б., Алексеев А. В., Осипов А. С., Погорлецкий Д. С. Разработка конструкции мощного генератора тока для магнитно - импульсной обработки с регулируемой длительностью, частотой и формой сигнала // Матеріали: Всеукраїнської науково-практичної конференції. – Херсон : Видавництво ХДМА, 2012. – С. 224-225.

СПЕЦИФИКА УПРАВЛЕНИЯ ПАРАМЕТРАМИ МНОГОФАЗНОГО ПОТОКА ПРИ ЕГО СЕПАРАЦИИ

Малахов А.В., Леонов В.В., Старостин С.Н.,
Одесский национальный морской университет (Украина),
Маслов В.А.,
Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Введение. Проблема сепарации судовых льяльных вод (СЛВ) очень актуальна при работе каждого судов водного транспорта. С экологической точки зрения их переработка строго регламентируется основным нормативным документом – требованиями MARPOL 73/78, согласно которым остаточная концентрация нефтепродуктов не должна превышать 15 мг/л. При рассмотрении экономического аспекта проблемы сепарации СЛВ можно констатировать, что при использовании получаемых в ходе их переработки продуктов нефтехимии может достигаться экономия сопоставимая с заработной платой экипажа судна. Фактически получаемые нефтепродукты могут рассматриваться как дополнительный энергетический источник.

Актуальность исследований обусловлена одновременным решением двух проблем. К первой относится уменьшение количества вредных стоков, а ко второй относится получение вторичных энергоресурсов в условиях работы судов водного транспорта. На актуальность решения проблемы сепарации СЛВ также указывает ряд международных соглашений, национальных программ и нормативных правительственных документов. К основному перечню таких документов относятся: Конвенция по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер, Стокгольмская конвенция о стойких органических загрязнителях, MARPOL 73/78, Закон України «Про Основні засади державної екологічної політики України на період до 2020 року».

Постановка задачи. Метод кавитационной сепарации СЛВ разработан недавно и он основывается на использовании принципа холодного кипения потока за счет низкой величины его давления в локально выделенной области пространства рабочей камеры сепарационной установки.

Кавитационный метод сепарации возможно использовать для чисел кавитации не превышающих величину $\Omega=0.3$, а сам принцип его работы базируется на фазовом переходе водной составляющей под воздействием на обрабатываемый многофазный поток СЛВ кавитационного поля в пределах значений температуры от 20 до 70 °С. Процесс такого фазового перехода является регулируемым, а кавитация может создаваться гидромеханическим и ультразвуковым способом. Гидромеханическая кавитация в свою очередь может возникать при реализации двух физических процессов:

- за счет повышения скорости движения потока СЛВ с соответствующим падением давления. Такой процесс характеризуется малыми значениями чисел кавитации ($\Omega < 0,2$);
- путем искусственного вдува потока газа, чаще всего воздуха в движущийся поток. Такой процесс характеризуется повышенными значениями чисел кавитации ($0,18 < \Omega < 0,34$).

Все существующие технологии сепарации СЛВ предназначены для очистки воды от примесей и не позволяют выполнять сбор концентрированных остатков нефтепродуктов на выходе из сепаратора. Единственной альтернативой может выступать разработанный метод кавитационной сепарации, позволяющий получать очищенную воду с концентрацией примесей менее 15 р.р.м.

В силу новизны метода многие вопросы его практической реализации остаются до сих пор не исследованными. В основном все нерешенные вопросы связаны с созданием и поддержанием на устойчивом уровне границ суперкавитационной каверны при наименьших затратах энергии, как на создание ультразвукового поля, так и на

поддержание высоких значений скорости движения обрабатываемого потока. Дополнительную сложность добавляет отбор сепарируемого водяного насыщенного пара из каверны в силу чего ее динамическое поведение всегда характеризуется нестационарным характером и пространственным колебанием ее внешних границ.

В качестве наиболее рационального решения в ходе предварительных исследований был рассмотрен комбинированный способ создания и последующего управления границами сепаркавитационной каверны. На первоначальной стадии использование ультразвукового источника волн пониженного давления приведет к получению первой стадии кавитации, а дальнейшая вентиляция (принудительный вдув воздуха) каверны позволит вывести ее на режим суперкавитации.

При таком подходе основная задача исследовательских работ должна заключаться в выработке основных научных направлений по модернизации судовой технологии очистки многофазных нефтесодержащих потоков на основе процесса суперкавитации. Вне зависимости от конструктивных особенностей кавитационного канала верхняя граница зоны устойчивой кавитации должна приниматься равной $\Omega=2$. Именно это значение характерно для многих гидравлических конструкций и при проведении дальнейших исследований должно ограничивать скоростной диапазон движения потока СЛВ на входе в рабочую камеру кавитатора.

Результаты исследований выполненных научно исследовательских работ являются комбинацией теоретических расчетов и натурных измерений. Основное внимание было уделено вопросу пульсирующего характера процесса сепарации. Устранение пульсаций границ суперкавитирующей каверны возможно достичь путем уменьшения скорости движения СЛВ либо за счет вентиляции каверны. В этом случае число кавитации может быть смещено в область более высоких значений. Преимущество искусственной вентиляции каверны при обработке СЛВ было подтверждено в ходе натурных исследований. Было установлено, что при переходе на меньшие скорости (с ростом числа кавитации) входа потока в кавитатор величина давления парообразования повышается. Приведенные экспериментальные результаты были получены для потока воды, движущегося в цилиндрическом трубопроводе при температуре нагрева 60°C .

Выводы.

1. Ультразвуковая кавитация должна всегда использоваться в комбинации с регулированием скоростных характеристик обрабатываемого потока судовых льяльных вод.
2. Для математического моделирования кавитационных течений вблизи тел с жесткими границами поверхности больше всего подходят: использование теории функции комплексного переменного, метод дискретных вихрей, метод конформных отображений и использование конечно-разностного метода для квазигомогенной модели двухфазного турбулентного потока с изменением средней плотности кавитирующего следа

ЛІТЕРАТУРА

1. Егоров И. Т., Садовников Ю. М., Исаев И. И., Басин М. А. Искусственная кавитация. – Ленинград : Судостроение, 1971. – 280 с.
2. Гогиш Л. В., Степанов Г. Ю. Отрывные и кавитационные течения: основные свойства и расчетные модели. – М. : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1990. – 384 с.
3. Кнэпп Р., Дейли Дж., Хэммит Ф. Кавитация. – М. : Мир, 1974. – 687 с.
4. Chen Y. and Heister S. D., Two-Phase Modeling of Cavitated Flows // Computers and Fluids. – 1995, Vol. 24, No. 7. – P. 799-809.
5. Yu S. T. and Chang S. C. Treatments of Stiff Source Terms in Conservation Laws by the Method of Space-Time Conservation Element and Solution Element. – 1997, AIAA 97-0435.

ОСОБЛИВОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЛІСОЗАГОТІВЕЛЬНИХ КОМБАЙНІВ НА ЛІСОСІКАХ З УХИЛОМ

Мачуга О.С.,

Національний лісотехнічний університет України
(Україна, м. Львів)

Вступ. Прогресивні та екологічно прийнятні методи лісозаготівлі та первинного перероблення деревини пов'язуються із використанням лісозаготівельних комбайнів – харвестерів та багатофункційних транспортних механізмів – форвадерів. Такі підходи в повній мірі реалізуються в країнах центральної Європи, Скандинавських країнах, Росії. В Україні використання системи машин харвестер – форвадер на даний час практично відсутнє у зв'язку із рядом причин. Головні з них – висока вартість імпортової техніки, відсутність вітчизняних аналогів, невисока придатність таких механізмів до умов лісосік в Україні, зокрема до лісосік з ухилом в Українських Карпатах.

Актуальність досліджень. Використання системи машин харвестер – форвадер дає кількарразове збільшення продуктивності праці в порівнянні з традиційними методами лісозаготівлі [1]. Широкомасштабне впровадження такої системи пов'язане з необхідністю аналізу еколого – економічної доцільності [2], підготовки кадрів та розробки підходів до підбору й модернізації техніки для конкретних умов експлуатації [3]. Постановка відповідних задач, їх розв'язування та впровадження отриманих результатів, може призвести як до формування широкого використання серійних харвестерів та форвадерів, так і до здатності формувати рекомендації щодо проектування такої техніки з урахуванням умов експлуатації в Україні.

Постановка задачі. Метою дослідження є формування моделі довільного руху харвестера лісосікою з ухилом з одночасним виконанням ним окремих операцій виробничої функції, побудова рівнянь відповідної математичної моделі та отримання розв'язків, які б пов'язували потужнісні та силові параметри харвестера з параметрами лісосіки з ухилом.

Розглянемо тривісний харвестер [2, 3], який рухається лісосікою з ухилом до горизонту α , зі швидкістю V у висхідному напрямку лісосіки (рис. 1). Напрямок руху харвестера складає кут β до висхідної лінії площини лісосіки, кут відхилення осі маніпулятора від осі харвестера – γ . Осі (x, y, z) декартової системи координат з центром в точці O пов'язані з горизонтальною площиною та нормаллю до неї. Осі (x_1, y_1, z_1) – з площиною лісосіки та нормаллю до неї, утворюються шляхом повороту координатної площини (x, y, z) на кут α проти годинникової стрілки навколо осі x . Осі (x_2, y_2, z_2) – з площиною лісосіки та нормаллю до неї, вісь y_2 співпадає з напрямком руху харвестера, утворюються шляхом повороту координатної площини (x_1, y_1, z_1) на кут β проти годинникової стрілки навколо осі z_1 (z_2).

Відповідно до [4] введемо нормальні реакції ґрунту на рушій R_i , ($i = 1 \div 6$) – прикладені до центрів контактних площин рушіїв уздовж нормалі до поверхні руху харвестера F_{ki} , ($i = 1 \div 6$) – колові сили на тягові колеса харвестера, прикладені уздовж напрямку руху. Вважаємо усі колеса харвестера тяговими, а точку прикладання сил - в центрі ваги контактних поверхонь рушій з ґрунтом. M_{fi} , ($i = 1 \div 6$) – моменти опору коченню коліс. G_T – сила ваги харвестера прикладена у його центрі ваги – точці T , направлена вертикально вниз. Сила G_T має складові: в площині руху силу $G_T \cdot \sin \alpha$ та нормальну до площини руху силу $G_T \cdot \cos \alpha$.

Вага кожної із секцій двохсекційного шарнірного маніпулятора харвестера G_{M1}, G_{M2} прикладена вертикально вниз у центрі мас відповідної секції. Вважаємо, що ці центри мас знаходяться на висоті від поверхні руху h_{M1}, h_{M2} відповідно. Кут φ

характеризує величину розкриття маніпулятора. Сила ваги харвестерної головки G_2 прикладена у відповідному центрі ваги, розміщеному на висоті h_2 від поверхні руху.

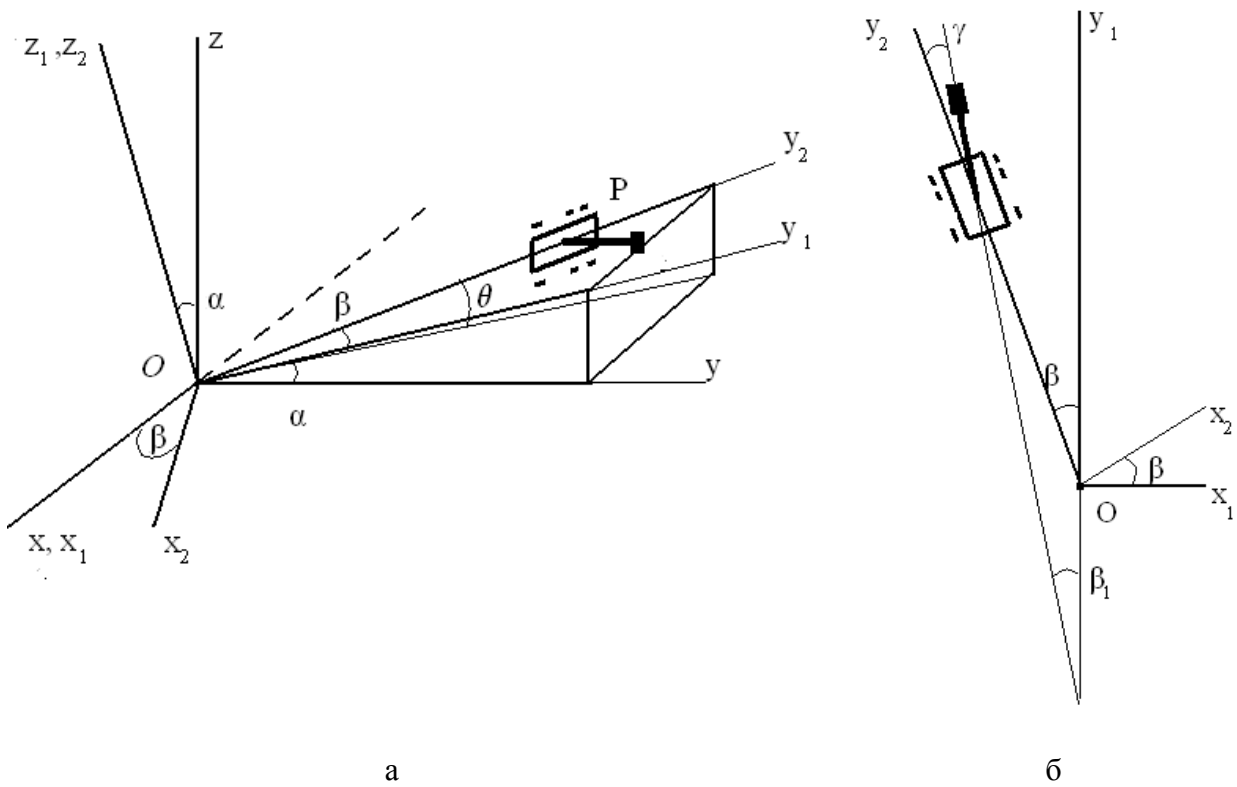


Рисунок 1 – Схема руху харвестера лісосікою з ухилом, а – загальний вигляд, б – схема руху в площині (x_2, y_2) , P – робочий орган харвестера (харвестера головки)

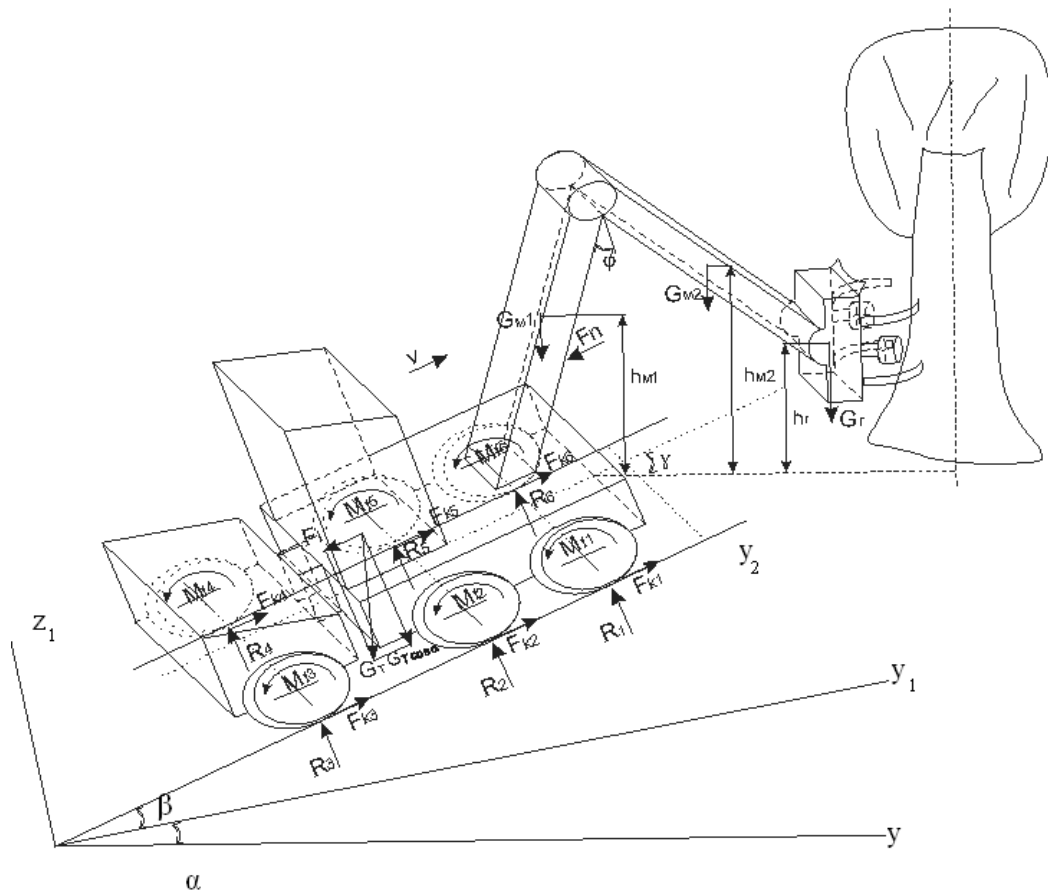


Рисунок 2 – Схема сил, що діють на харвестер під час його руху лісосікою з ухилом

Зазначимо, що подібний підхід для горизонтальної лісосіки застосовано в [5].

Результати досліджень. Побудову розрахункової моделі виконано в припущенні рівномірності руху харвестера, та нікчемно малих сил лобового опору потоку повітря. З рівняння тягового балансу:

$$\sum_{i=1}^6 M_{ki} / r_i - n p y_2 (G_T + G_{M1} + G_{M2} + G_T) - f \cdot G_T \cos \alpha = 0, \quad (1)$$

де r_i – радіус коліс, $n p y_2$ – проекція відповідних сил на вісь Oy_2 , $f G_T \cos \alpha$ - узагальнена сила тертя з коефіцієнтом тертя f , отримано вираз для динамічного фактора D – відношення тягової сили до ваги харвестера:

$$D = f \cos \alpha + \left[\cos \beta + \frac{G_{M1} + G_{M2} + G_T}{G_T} \cos(\beta - \gamma) \right] \sin \alpha. \quad (2)$$

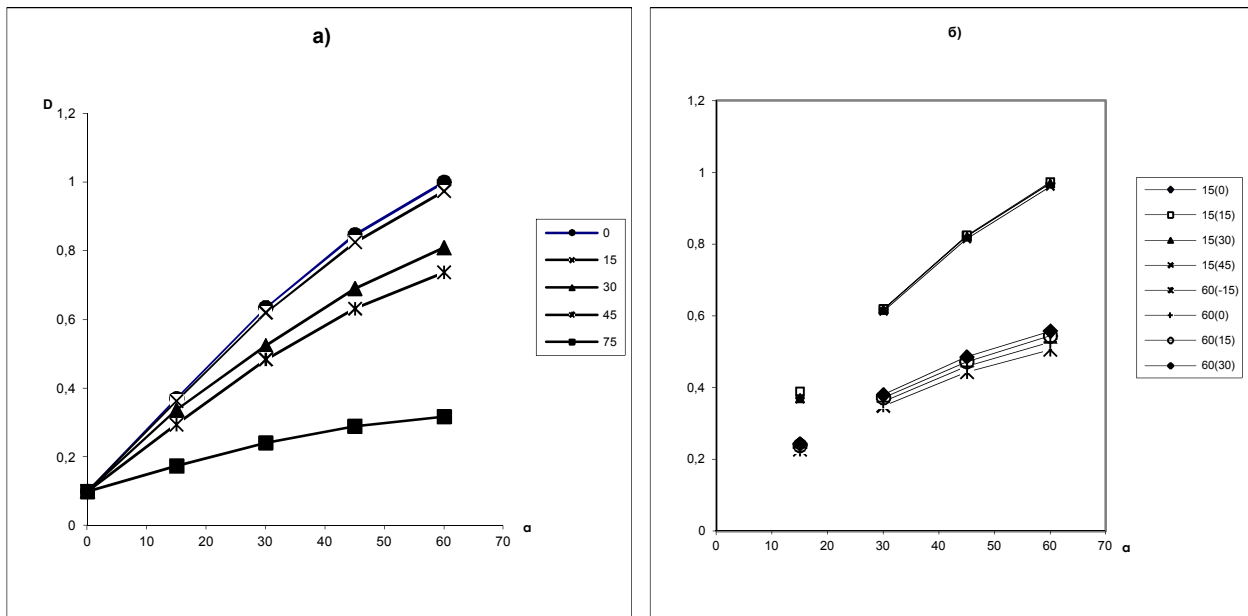


Рисунок 3 – Залежність динамічного фактора від кута α : а - для різних значень кутів β (0-45°), $\gamma = 15^\circ$; б - для різних значень кутів γ (0- 45°), $\beta=15^\circ$, γ (-15- 30), $\beta=60^\circ$

Шляхом визначення умовних екстремумів функції $D=D(\alpha, \beta, \gamma)$ можливо визначити максимально можливі кути у випадку косогірного підняття для заданих кутів α , γ та максимально можливі кути відхилення маніпулятора харвестера вибраної потужності за інших заданих параметрів.

З формули (2) отримано рівняння потужнісного балансу для випадку одночасного виконання транспортної та виробничої функцій:

$$N^0 = \frac{N_e^{sup}}{N_e} = 1 + \frac{N_e^{sup}}{G_T \cdot v \left[f \cos \alpha + \left(\cos \beta + \frac{G_{M1} + G_{M2} + G_T}{G_T} \cos(\beta - \gamma) \right) \sin \alpha \right]}, \quad (3)$$

де N_e^{sup} – необхідна потужність двигуна для одночасного виконання транспортної та виробничої функцій, N^0 – безрозмірна потужність, віднесена до потужності двигуна в режимі транспортної функції N_e . У найзагальнішому випадку величина N_e^{sup} визначається наступним співвідношенням:

$$N_e^{sup} = \max \left[\frac{G_{M1} \cdot L_{M1} + G_{M2} \cdot L_{M2}}{2 \cdot \cos \varphi} \cdot \frac{\Delta \varphi}{\Delta t_1} \vee G_{G^1} \cdot L_{M2} \cdot \frac{\Delta \varphi}{\Delta t_1} \cdot \sin \alpha \cdot \cos(\beta - \gamma) \right] + \frac{G_{CT}}{g} \cdot \frac{v_{max}^2}{\Delta t_{np}} +$$

$$+ N_{БП} \frac{\pi \cdot D_{CT}^2}{4 \cdot t_B \cdot \delta_{БП}} + (J_1 + J_2 + J_3 + J_4) \frac{\omega_{max}^2}{\Delta t_{OB}} + M_4^{OP} \omega_4 + \frac{2 \cdot G_{CT}^2}{E_{CT} \cdot \pi \cdot D_{CT}^2} \cdot \frac{\Delta l}{\Delta t_2} \quad (4)$$

де Δt_1 – час розкривання маніпулятора на кут $\Delta \varphi$, G_{G^1} – вага харвестерної головки разом із вагою G_{CT} затиснутого стовбура, g – пришвидшення вільного падіння, v_{max} – максимальна швидкість протяжки стовбура вальцями, Δt_{np} – час протяжки, $N_{БП}, \delta_{БП}$ – потужність та продуктивність ланцюгової бензопили, D_{CT}, t_B – діаметр стовбура та час його зрізання, J_i – осьові моменти кабіни, секцій маніпулятора та харвестерної головки із затисненим стовбуром відносно осі обертання кабіни, $\omega_{max}, \Delta t_{OB}$ – максимальна радіальна швидкість обертання кабіни та відповідний час розгону, M_4^{OP}, ω_4 – параметри обертання механізму стабілізації положення кабіни, E_{CT} – модуль поздовжньої пружності стовбура, $\Delta l, \Delta t_2$ – видовження.

Зазначимо, що із умови рівноваги стосовно площини лісосіки, аналогічно до вищеведеного підходу, можна отримати рівняння для реакцій ґрунту на дію коліс харвестера під час його роботи та пересування лісосікою з ухилом.

Висновки. 1. Отримані рівняння потужнісного балансу можливі для експериментального дослідження фактичного узагальненого коефіцієнту опору f ґрунтової поверхні лісосіки у залежності від кутів α та β .

2. Шляхом застосування рівняння потужнісного балансу (2) можливе визначення необхідної потужності двигуна харвестера, який проектується чи підбирається з існуючих на ринку у залежності від умов гірської лісосіки.

3. Під час використання харвестерів на лісосіках з ухилами, рівняння потужнісного балансу дозволяє планувати лісосічні роботи у залежності від гірських умов, тобто ухилу лісосіки α .

4. Отримані результати свідчать про значний вплив виконання виробничої функції під час руху харвестера лісосікою з ухилом на вибір потужності двигуна харвестера, або планування лісозаготівельних робіт за необхідної швидкості руху механізму.

6. Визначено залежності для вибору потужності двигуна від параметрів нахилу лісосіки, режимів руху харвестера та бажаних діапазонів вильоту стріли маніпулятора.

ЛІТЕРАТУРА

1. Moskalik T. Model maszynowego pozyskswania drevna w zrownowazonym lesnictwie polskim. – Warszawa: Wyd. SGGW, 2004. – 134 p.
2. Библюк Н. І., Мачуга О. С. Лісозаготівельні комбайни: особливості конструкції, функційні схеми, перспективи // Вестник национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт». Машиностроение. – К. : НТУУ «КПИ», 2009. – С. 235-241.
3. Мачуга О. С., Вареницький А. Я. Технологічний транспорт лісозаготівлі – харвестери та форвадери: структурні схеми керування, робочі параметри. – В кн. : Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2010) // Матеріали другої міжнародної науково-практичної конференції (Херсон, 25-27 травня 2010 р.). Том 2. – Херсон : Видавництво ХДМІ, 2010. – С. 310-313.
4. Библюк Н. І. Лісотransпортні засоби: Теорія: Підручник. – Львів : Видавничий дім «Панорама», 2004. – 453 с.
5. Арико С. Е. Математическая модель работы харвестерной машины 4К4. / Серия II, Лесная и деревообрабатывающая промышленность. – Труды БГТУ, 2010. – Вып. XVIII. – С. 113-117.

ВОДЕНЬ ЯК ПАЛИВО МАЙБУТНЬОГО ТА ОСОБЛИВОСТІ ЙОГО ВИКОРИСТАННЯ НА ТРАНСПОРТНОМУ ФЛОТІ

Настасенко В.О.,

Херсонська державна морська академія
(Україна)

Вступ. Аналіз стану проблеми та постановка завдання. Основним паливом сучасних суден є продукти переробки нафти або природний газ та їх суміші, які безповоротно втрачаються при спалюванні. В умовах обмеження їх світових запасів, за прогнозами ЮНЕСКО 60-х років ХХ століття [1], нафта може бути вичерпана до 2050 року, газ – до 2080 року. З урахуванням удосконалення розвідки нових та інтенсифікація видобутку занедбаних родовищ нафти і газу, ці строки відсунулися, відповідно до 2100 і до 2150 року [1], але не розв'язали проблеми в цілому, оскільки запаси нафти і газу так і залишилися скінченними. Другим недоліком при їх спалюванні є утворення з домішок, що завжди присутні в нафті та природному газі, шкідливих і отруйних речовин, що наносять шкоду оточуючому середовищу, безпеці життя і праці, та умовам експлуатації суднової енергетичної системи [2]. Усунення цих недоліків можливе збільшенням якості очистки палив (що веде до нового їх недоліку – здороженню), однак неможливе усунення їх головного недоліку – втрати в наслідок перетворень палива на молекулярному рівні.

Одним із можливих напрямків розв'язання даних проблем є використання поновлюваних палив, створених на базі продуктів рослинництва та відходів продуктів тваринництва [3]. Однак ці можливості обмежені кількістю відведених для цього земель [4], яких недостає для харчування постійно зростаючого населення Землі, четвертина якого вже зараз недоїдає, а десятина – голодує.

Таким чином, більш доцільним є перехід на водень, як паливо, оскільки він є не тільки поновлюваним видом палива, а й таким, при згорянні якого не утворюються гази парникової групи. Тому дана робота є актуальною і важливою, такі роботи ведуться в усьому світі [3, 5] і в Україні, в т.ч. – для потреб морського флоту [4].

Однак розв'язання даної проблеми для морського флоту має свої особливості, основною з яких є потреба у значній кількості палива – від 10 тон на добу для суден типу ріка-море, до 350 тон на добу для суден океанського класу, тому при середній тривалості рейсу від 10 до 25 діб, потреба у його запасах відповідно збільшуються у 10 – 25 разів. Вказані проблеми висувають свої вимоги до виробництва і використання водню на судні, а у відповідності з цим – до безпечних умов праці та його експлуатації.

Таким чином, головною метою даної роботи є аналіз можливостей використання на морському флоті водню, в умовах повної заміни традиційних палив. Реалізація цієї мети є актуальною і важливою задачею у сьогодення, оскільки поступовий перехід до використання на флоті водню вже почався.

Пошук шляхів вирішення поставленої проблеми. На сучасному рівні розвитку науки і техніки перехід на водень пов'язаний з техніко-економічними та організаційними труднощами [4-6].

Головні техніко-економічні проблеми впровадження водневого палива в першу чергу обумовлені шляхами його отримання, основними з яких є:

- 1) хімічні, наприклад, із сірководню Чорного моря;
- 2) фізичні, наприклад, по принципам мембранних і нанотехнологій,
- 3) фізико-хімічні, наприклад, електролізом води.

У сьогодення найбільш дешевим є хімічний шлях, однак він у 2...2,5 рази дорожчий отримання палива з нафти і газу. Цей недолік усувають виробництва, де водній є побічним продуктом хімічних перетворень, однак їх недостатньо для потреб транспортного флоту.

Перспективним є добування водню з сірководню Чорного моря, однак цей шлях потребує розробки і впровадження плавучих добувально-переробних комплексів [7], вартість яких досягає 2 млрд. \$. Тому ці витрати до кінця періоду окупності комплексів (10 років) суттєво збільшать вартість водню, хоча після цього вона може зменшитися.

Мембранні та нанотехнології вироблення водню принципово можливі, але їх ще слід розробляти, тому цей шлях – ще довший і дорожчий, ніж хімічний, тому не розглядається в даній роботі.

Найбільш простим і технічно доступним шляхом є електроліз водню з води, що дає додатковий корисний продукт – кисень. Однак витрати електроенергії на електроліз дуже великі, а отримувана при спалюванні водню кінцева енергія, з урахуванням к.к.д. проміжних перетворень, значно мешає тієї, що витрачається на 2 етапи: 1 – вироблення електроенергії, 2 – здійснення електролізу, тому цей шлях економічно недоцільний, оскільки традиційне паливо для електростанцій, що піде на виробництво електроенергії для електролізу, дешевше спалювати напряму у суднових двигунах.

Проведений аналіз показав, що на сьогоднішній день, витрати за будь-якими шляхами добування водню більші, ніж витрати на виробництво нафтового палива. Однак зростання екологічних вимог до якості нафтових палив і потреба зменшення викидів парникових газів, що виникають при їх спалюванні, суттєво змінює урахування їх вартості і в перспективі – саме ці проблеми можуть бути вирішальним фактором для впровадження водневого палива, незважаючи на витрати на його виробництво і використання.

Нові економічні та технічні можливості добування водню. Проблему зниження вартості добування водню дозволяє вирішити новий напрямок у розвитку гідрохвильової енергетики, запропонований в маятникового типу системах плавучих електрогенераторів за патентом Російської Федерації на винахід [8], та за заявкою на патент Російської Федерації на винахід [9]. Їх особливістю є вільне підвішування генераторів на стійках зі створенням ексцентриситету між віссю підвісу і центром їх маси, що забезпечує їм стійку орієнтацію до центру Землі. Тому установка таких генераторів на плаваючій засіб, який розхитують хвилі, забезпечує можливість відносного руху ротора і статора, що веде до вироблення ними електричного струму.

Вироблювана при цьому електрична енергія має вартість у 7–8 разів меншу, ніж на теплових електростанціях, оскільки вилучає витрати на паливо, доля якого складає $\frac{2}{3}$ від загальних витрат, а також зменшує ще на $\frac{1}{4}$ витрати на виробництво електричного струму, оскільки вилучає проміжні парові котли, турбіни та інші системи і обладнання теплових електростанцій, а також потреби їх обслуговування.

Таким чином, значне здешевлення гідрохвильової електроенергії робить економічно доцільним процес електролізу води і отримання при цьому водню, як палива для ДВЗ майбутніх поколінь.

Аналіз технічних і організаційних можливостей впровадження водню, як суднового палива. Можливі такі основні способи використання водню в судновій енергетиці:

1. У ДВЗ у чистому виді, або у виді присадки до рідкого палива [4, 5];
2. У фізико-хімічних паливних елементах [5];
3. У топках парових котлів;

Головними техніко-організаційними проблемами вживання водню на судах є:

1. Небезпека зберігання;
2. Відсутність інфраструктури для бункерування;
3. Висока вартість устаткування для виробництва і зберігання.

Використання водню в ДВЗ у виді присадки до рідкого палива – найбільш простий шлях, тому можлива його швидка реалізація, оскільки складнощі при цьому обмежені лише наведеними вище техніко-організаційними проблемами.

Перша з цих проблем була пов'язана зі зберіганням водню у стисненому, або зрідженому стані у балонах, при цьому до загальних небезпек балонного зберігання інших

газових палив, додавалася ще одна, специфічна – висока проникність молекули водню, найменшої з усіх відомих, скрізь кристалеву решітку металів, з яких вироблені оболонки балонів, труби і вентиля газопроводів. Однак вона вже вирішена за рахунок зберігання водню у стані гідридів, утворених з рідкоземельними металами на рівні фізико-хімічної взаємодії молекул, яку не руйнують струси і різкі удари, а їх розділення можливе лише при нагріванні до температури понад 80°C [6]. Аналогічні матеріали потрібні для захисних труб трубопроводів.

Друга проблема може бути вирішена при використанні портових сховищ з такими ж балонами, зарядка яких здійснюється установками електролізу води, що працюють від прибережних гідрохвильових електростанцій. При цьому бункерування водню може бути зведене до завантаження балонів на судно, для чого на ньому треба підготувати відповідні приміщення у машинному відділенні, з відкритим доступом для завантаження балонів підйомними кранами.

Третя проблема – найбільш суттєва, оскільки вартість рідкоземельних матеріалів є завеликою, а при використанні у якості гідридного матеріалу – цирконію, найбільш ємного для утримання водню, вона зростає ще більше і до неї додадуться проблеми добування цього металу у великій кількості. Однак пошук інших гідридних матеріалів продовжується, тому за строки розробки потужних суднових водневих двигунів, можуть бути знайдені більш дешеві і поширені замінники цирконію.

Використання водню у виді присадки до рідкого палива може бути перехідним етапом, оскільки не дозволяє повністю вилучити нафту, але на ньому етапі доцільно відпрацювати системи зберігання та підводу водню, а головною метою – слід вважати повну конвертацію на водень суднових ДВЗ.

Однак ця задача значно складніша, ніж конвертація ДВЗ на природний газ, оскільки відмінності є в процесі створення паливних сумішей, їх спалюванні, зміні тиску і температури в камері згоряння і на поверхнях поршнів, що ускладнює процес розробки ДВЗ, особливо – з великими камерами згоряння, які мають потужні суднові двигуни. Вирішення даних проблем потребує значного часу, який залежить від рівня залучення інвестицій та інтелектуальних ресурсів. Поки що вони недостатні, оскільки стримуються вартістю добування водню, однак цю проблему усувають запропоновані гідрохвильові електрогенератори [8, 9], що дозволяє прискорити розробку нових ДВЗ.

Але більш перспективним є використання водню в паливних елементах фізико-хімічних джерел електричного струму [5], принципова схема яких показана на рис. 1:

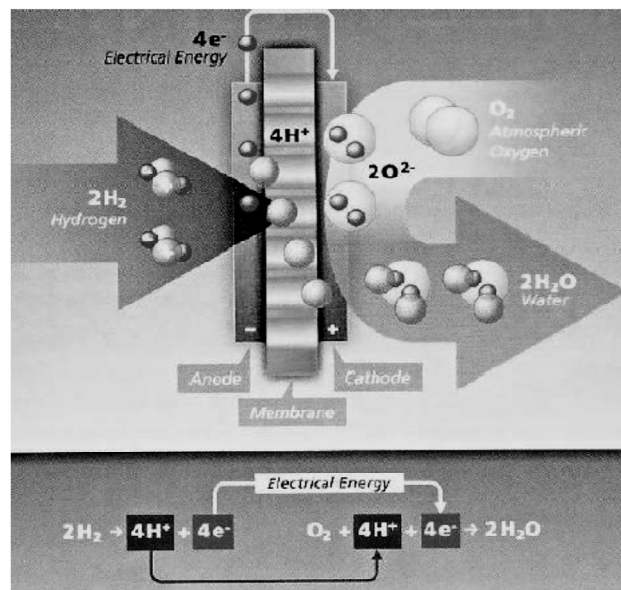


Рисунок 1 – Схема мембранної водневої електрохімічної батареї електричного струму

Батарея має к.к.д. 60-80%, оскільки здійснює пряме перетворення енергії іонів водню на постійний електричний струм між розділеними мембраною катодом і анодом, при взаємодії з атмосферним киснем по схемі, показаній на рис. 2, оминувши малоефективні процеси перетворення енергії згорання палива на механічну енергію, які в ДВЗ йдуть з великими втратами.

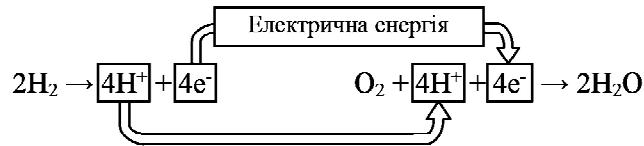


Рисунок 2 – Схема фізико-хімічних перетворень у мембранній водневій батареї електричного струму

Два таких паливних елементи Proton Motor PM 600 потужністю по 50 кВт встановлені на судні ALSTERWASSER [5], яке має довжину 25,56 м, ширину 5,2 м, пасажиромісткість 100 чоловік, його силовою установкою є електродвигун потужністю 100 кВт. Судно побудоване в Германії, верф SSB в Гамбурзі, проект Zemships (Zero Emission Ships), фінансується Єврокомісією з енергетики, Експлуатація судна почалась 29 серпня 2008 року на річці Ольстер. Для 3-х діб його роботи достатньо 12 балонів з воднем загальною масою 50 кг під тиском 350 МПа.

Головна перевага проекту – екологічність, однак його недоліками є:

1. Висока вартість паливних елементів – від 5 до 10 \$ за 1 кВт потужності (для сучасних ДВЗ цей показник < 1 \$ за 1 кВт потужності).
2. Ресурс самих кращих дослідних зразків – менше 6 тис. годин.
3. К.к.д. елементів знижується в процесі експлуатації у міру виснаження їх ресурсу.
4. Завеликі розміри і маса для двигунів великих потужностей.
5. Потреба розвитку інфраструктури заправки воднем.
6. Небезпека зберігання водню на судні в балонах, яку усуває система балонів на базі цирконію та інших рідкоземельних матеріалів [6].

Інші небезпеки експлуатації і охорони життя і праці не відрізняються від існуючих для газових систем, тому в даній роботі детально не розглядаються.

Третій шлях використання водню на судах – пряме спалювання водню у топках парових котлів як звичайного газового палива. При цьому зберігати і перевозити треба тільки водень, оскільки кисень напряму може бути добутий з атмосфери компресорним устаткуванням. Для турбоходів переробка паливної системи є мінімальною, а охорона праці та безпека експлуатації парових котлів і водневих запальників не відрізняється суттєво від вже існуючих систем, тому цей шлях є найбільш доцільним на сучасному рівні розвитку науки і техніки.

Загальні висновки по роботі. Проведений аналіз показав, що на сучасному рівні розвитку науки і техніки на транспортному флоті жоден з альтернативних видів енергетики та нетрадиційних поновлюваних палив поки що не може забезпечити повної заміни традиційних палив на базі продуктів переробки нафти і природного газу. Однак найбільш перспективним є використання палива на базі водню, оскільки можливе його отримання найбільш технологічним і екологічно чистим способом – електролізом води, при використанні систем гідрохвильових генераторів маятникового типу за патентом Російської Федерації [8], та заявкою на патент Російської Федерації [9]. Для прибережних гідрохвильових електричних станій вони можуть бути рекомендовані для використання в усіх випадках, оскільки забезпечують ефективне вироблення електричної енергії і усувають основні недоліки раніше використовуваних для цього систем.

Таким чином усі технічні і організаційні пропозиції даної роботи можуть бути рекомендовані до широкого впровадження. Україна, з її ще досить великим науково-технічним потенціалом, не повинна залишитися позаду передових закордонних фірм, що виконують подібні розробки, а врахування висунутих пропозицій вже в сьогоднішній день – дає суттєві переваги на початковому етапі вітчизняним вченим і виробникам двигунів внутрішнього згорання та систем нетрадиційної енергетики.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кемпбел К. Грядущий нефтяной кризис –М. : Группа независимых издателей, 1997. – 210 с.
2. Маслов В. В. Современные методы снижения содержания вредных веществ в отработанных газах судовых дизелей // Судостроение. – 1995. – № 8–9. – С. 200-204.
3. Альтернативные источники сырья и топлива / Доклады II Международной научно-технической конференции «АИСТ-2009» (26-28 мая 2009, Минск, Беларусь). – 476 с.
4. Настасенко В. О. Нова концепція розвитку двигунів внутрішнього згорання. – Херсон : Видавництво ХДМІ, 2010. – 26 с.
5. Шурляк В. К. Применение альтернативных видов энергии и топлив на морских судах /Семинар – Сжиженный природный газ как альтернативное топливо для морских судов. – С-Пб, ГМА им.Макарова, 2012. – 47 с. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.kogabel.ru/filemanager/OTHER/0/0/3.
6. Горбов В. М., Карпов М. А. Обоснование выбора типа системы хранения водорода в судовой энергетической установке малой мощности // Науковий вісник ХДМІ : Науковий журнал. – Херсон : Видавництво ХДМІ, 2010. – № 1 (2). – С. 112-120.
7. Леонов В. Е., Гацан Е. А. Рациональное использование морского сероводорода для топливно-энергетических целей и химического синтеза // Науковий вісник ХДМІ : Науковий журнал. – Херсон : Видавництво ХДМІ, 2010. – № 1 (2). – С. 142-148.
8. Патент Российской Федерации на изобретение № 2396673 Генератор электрического тока, его варианты и способы их установки. МПК H02K 19/00 Заявка № 2009100832/09 от 12.01.09. Авт. изобр. Настасенко В.А. – БИ № 22 от 10.08.2010.
9. Заявка на патент Российской Федерации на изобретение № 2012125508 от 19.06.12. Маятниковый гидроволновой генератор электрического тока. Настасенко В.А.

ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ТОПЛИВ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ НА СУДАХ

Селиванов С.Е., Евдокимова В.А.,

Херсонская государственная морская академия (Украина),

Семенов В.Г.,

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»
(Украина),

Пелихатый Н.Н.,

Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина
(Украина)

Актуальность. На транспортных судах используются двигатели разных видов, но большая их часть оснащена дизельными двигателями, которые работают на наиболее дешевом, так называемом вязком топливе (мазуте). Использование мазута обусловлено, прежде всего, экономическими причинами, поскольку общие расходы на перевозки морским транспортом в этом случае значительно снижаются. Достаточно сказать, что разница в стоимости вязких и маловязких видов топлива составляет примерно 200 евро за тонну. Однако правилами морского судоходства предписывается в определенных режимах движения, таких как маневрирование, использовать более дорогостоящее маловязкое топливо (соляру). А в некоторых акваториях, например в проливе Ла-Манш, использование мазута вообще запрещено из-за сложностей судовождения и необходимости соблюдать требования экологии, поскольку, согласно правил Международной морской организации, суда должны уменьшить эмиссию оксидов серы, так как отмеченный загрязнитель вызывает кислотные дожди, на 0,5 % к 2020 году с сегодняшних 4,5 %. В более экологически чувствительных областях верхний предел снижен до 0,1 % к 2015 году с сегодняшнего 1 %.

Зачастую в виде топлива используется мазут М-40, М-100 или флотский мазут Ф5, Ф12, и его аналоги. Флотские мазуты получают смешением остаточных нефтепродуктов (мазут, гудрон, тяжёлые газойли вторичных процессов) и дизельных фракций как прямогонных, так и вторичного происхождения. Флотские мазуты могут сжигаться в судовых котельных, использоваться как моторное топливо для мало- и среднеоборотных дизелей и топливо для газотурбинных установок. Мазут представляет собой вязкую жидкость с относительно высокой температурой застывания. Потому при бункеровке должна поддерживаться температура, примерно на 10 градусов ниже температуры воспламенения.

В отличие от топочного мазута, флотский мазут имеет более низкую вязкость, температуру застывания, зольность и калорийность.

Важными показателями качества судовых топлив, помимо вязкости, являются: плотность (не более 991 кг/м³, чтобы происходило расслоение с водой); содержание серы (не более 2%); температура вспышки (не ниже 60°C); пожаробезопасность и т.д.

Исходя из вышесказанного, отметим, что судоходство является основным источником спроса на нефтепродукты.

Результаты исследования. В этом году суда используют от 200 до 250 млн. тонн тяжелого нефтяного топлива, подсчитали в International Bunker Association со штаб-квартирой в Англии, Саутгемптон.

На сегодня нефть стала одним из основных источников энергии вследствие ее высокой теплоты сгорания. Нефть относится к не возобновляемым энергетическим ресурсам и ее запасы постоянно сокращаются. Уже на сегодня нет «дешевой нефти» и, по всей видимости, начинается конец вообще нефтегазовой эпохи.

Украина ныне на 90 % зависит от импортированной нефти, которая может исчерпаться уже, по оптимистическим прогнозам, через 50-60 лет.

В связи с экологичностью и повышенной необходимостью экономии энергии в Украине и, в частности, топлива, получаемого из нефти, ведутся исследования в области поиска новых видов топлив не нефтяного происхождения, или так называемых альтернативных топлив, желательны чтобы эти топлива были из возобновляемых источников, для всех видов энергетических установок.

Наиболее интенсивно исследовательские и экспериментальные работы ведутся в направлении использования в энергетических установках биотоплива, к ним относятся топливо на основе растительных жиров.

Согласно распоряжению Кабинета Министров Украины от 28 декабря 2005 года № 576-р «Об одобрении Концепции Программы развития производства биотоплива на период до 2010 года» планируется к окончанию 2010 года использовать 5-7 процентов биологического и других видов топлив из возобновляемых источников в структуре энергопотребления Украины.

При вступлении страны в ЕС биотопливо должно составлять не меньше 10 % от используемого топлива в стране, что составляет больше 520 тыс. тонн биотоплива. В рамках Киотского договора (Киотский протокол – международный документ, принятый в Киото (Япония) в декабре 1997 года в дополнение к Рамочной конвенции ООН об изменении климата) Украина должна к 2012 году начать использовать 3-5 % биотоплива для уменьшения вредных выбросов в атмосферу [1]. Использование биотоплива в индустрии морских перевозок позволит снизить вредное воздействие на окружающую среду и обеспечить соответствие более жестким нормативам морского природоохранного законодательства. Очевидно, что когда первый из 20 заказанных крупнейшей в мире транспортной компанией морских перевозок Maersk контейнеровозов «Triple E» сойдет в 2013 году со стапеля в Корею, то он станет самым крупным и энергоэффективным судном своего класса, курсирующим по морским торговым путям. На этом гиганте длиной 400 метров и стоимостью 190 млн. долларов США будут работать самые современные технологии, способствующие решению двух основных и давних проблем индустрии морских перевозок: загрязнения воздуха и воды.

В научной лаборатории Херсонской государственной морской академии поведутся исследования горючести биодизельного топлива (биодизель, МЭРМ, РМЭ, RME, FAME, EMAG, бионафта и др.) и жидких отходов – соапстоков, которые образуются на стадии рафинации жиров растительного и животного происхождения. С химической точки зрения биодизельное топливо представляет собой смесь метиловых (этиловых) эфиров насыщенных и ненасыщенных жирных кислот.

На сегодня основной целью исследований является расширение номенклатуры жидких топлив, применяемых в энергетических установках, в частности научного обоснования возможности использования горючих продуктов рапсового масла и повышения эффективности их сжигания по результатам исследования теплофизических свойств; возможность использования соапстока, как самостоятельного экологически чистого топлива, или как добавки в топливо, традиционно применяемого в судовых энергетических установках.

Для определения кинетических и других характеристик горючих жидкостей, которые могли бы позволить выявить общие закономерности процесса воспламенения, получить полезную информацию о сравнительных характеристиках горения топлив, необходимо было создание в научной лаборатории Херсонской государственной морской академии современных экспериментальных установок, разработки методов определения показателей воспламенения отдельных капель разных топлив включая и соапстока в потоке нагретого воздуха.

Сущность разработанного метода по определению показателей воспламеняемости заключается в том, что в потоке нагретого газа, создаются температурные условия, способствующие испарению, (само)воспламенению, зажиганию, горению и вследствие

чего, експериментальному определению показателей воспламеняемости (температуру воспламенения, период индукции) неподвижных (подвешенных) капель жидкостей.

Разработанный метод оценки воспламеняемости жидких топлив позволяет выявить общие закономерности процесса воспламенения, получить полезную информацию о сравнительных характеристиках топлив, осуществлять контроль качества топлив по определяемым показателям воспламеняемости и многое другое.

На установке исследуется испарение, воспламенение и горение одиночной неподвижной (подвешенной) капли горючих жидкостей в потоке нагретого воздуха

Для проведения экспериментальных исследований включается установка, задается определенная температура нагрева трубчатых электрических печей, а с помощью воздуходувки создается требуемая стабилизированная скорость потока воздуха в трубке печей с выходом из сопла Витошинского. Как уже отмечалось, для контроля скорости потока нагретого воздуха на выходе из сопла Витошинского применяется датчик массового расхода воздуха (ДМРВ) термоанемометрического действия подсоединенного к вольтметру В7-35. Зная показания по шкале вольтметра и, используя таблицу, определяется расход воздуха, а, учитывая выходное сечение сопла Витошинского, определяется скорость нагретого потока воздуха. После определенной скорости нагретого потока воздуха и установившейся заданной температуры воздуха, для проведения эксперимента, поток воздуха перекрывается защитным экраном. Капля исследуемой жидкости подвешивается на специальном подвесе, отодвигается защитный экран и капля помещается точно по оси нагретого потока воздуха с П-образным профилем скорости, которая создается на выходе сопла Витошинского, и в этот же момент с помощью геркона замыкается электрическая цепь, включается схема регистрирующего блока (периода индукции). После проведения экспериментов по испарению, воспламенению и горению капли жидкости подвес выводится из потока воздуха, на место капли становится шарик термопары и повторно определяется температура потока воздуха в том месте, где находилась капля.

Методика проведения исследований сводится к определению скорости испарения капель при разных температурах.

Подвесом для капли служит нихромовая проволока диаметром $1 \cdot 10^{-4}$ м с наваренным на конце серебряным шариком (шарики навариваются диаметром от $1,2 \cdot 10^{-3}$ м до $2,5 \cdot 10^{-3}$ м). Капля подвешивается на шарик окунанием в ванночку с жидкостью или при помощи шприца, и помещается в заданный нагретый до определенной температуры поток воздуха. Скорость потока нагретого воздуха можно было изменять в пределах от 0,5 до 3 м/с.

Наблюдение за каплей и измерение диаметра капли проводилось с помощью микроскопа МБС-1 с увеличением в 16 раз.

Съемка первоначального диаметра капли и его уменьшение в процессе испарения капли производится с помощью цифровой фотокамеры Panasonic – Lumix DMC-FZ7. Для того чтобы определить масштаб изображения, полученный после распечатки кадра, камерой, одновременно с объектом, фотографируется проволока, расположенная под каплей на подвесе, точный действительный размер которой был известен. Кинетика испарения определяется методом видеосъемки капель с частотой 30 кадров в секунду.

Для исследования воспламенения и горения капли скорость потока поддерживалась равной 1,7 м/с, что соответствует $Re=35$. Такая скорость выбрана во избежание срыва пламени с капли. Капля определенных размеров подвешивается на подвесе и помещается в поток нагретого, до заданной температуры, воздуха.

Температура потока воздуха изменяется в широком диапазоне, до 750 °С.

В процессе эксперимента определяется температура воспламенения, время задержки воспламенения (период индукции).

Если капля воспламенилась, то с помощью фотоэлемента включается регистрирующий блок, фиксирующий время горения капли. Отсчет времени производится

посредством собранной электронной схемы с фотоэлементом и электронными счетчиками. Съемка первоначального диаметра капли и его уменьшение в процессе горения капли производится с помощью цифровой фотокамеры Panasonic – Lumix DMC-FZ7.

За температуру воспламенения капли в потоке выбирается минимальная температура потока, при которой пламя охватывает каплю сразу же после ввода ее в поток. Период индукции (время задержки воспламенения) измеряется от помещения капли в поток до появления пламени, далее измеряется время горения капли.

В основу исследования положены горючие жидкости растительного происхождения (рапсовое масло, метиловый эфир рапсового масла (МЭРМ), соапсток, а также смесь соапстока с различным процентном содержанием в нем этилового спирта и рапсового масла), дизельное топливо, а также смеси ДТ с различным процентным содержанием МЭРМ, мазут М40, три вида мазута М100 (с содержанием в нем воды: 1,2 %, 10 %, 20 %) и различным процентном содержанием в каждом из М100 соапстока.

К характеристикам жидких топлив, сжигаемых в дисперсном виде, относятся кинетические, такие как скорость испарения, температура воспламенения, время задержки воспламенения (период индукции), скорость и полнота сгорания топлива и др.

Разработанные методы исследования дают возможность определить кинетические показатели испарения, воспламенения и горения капель топлив в потоке нагретого воздуха, а также технологические – неполноту горения.

Эксперименты начинались с измерения начального диаметра капли топлива на подвесе с помощью микроскопа. Эксперимент проводится при разных температурах и постоянной скорости потока нагретого воздуха $v = 0,75 \pm 0,08$ м/с.

Помещая каплю разной горючей жидкости в поток нагретого воздуха, с учетом их различных плотностей, диаметр капли составил $(2,5 \pm 0,1) \cdot 10^{-3}$ м на подвесе диаметром шарика $1,4 \cdot 10^{-3}$ м, при этом происходит уменьшения диаметра капли топлива, во времени, до полного испарения на подвесе. Процесс полного испарения капли фотографируется цифровой фотокамерой, в объектив которой встроена прозрачная масштабная шкала.

Экспериментальные исследования показали, что скорости испарения исследованных горючих жидкостей при постоянной скорости потока увеличиваются по мере повышения температуры. Этот вывод имеет существенное значение, т.к. позволяет понять, почему при высоких температурах не сказывается разгонка таких горючих жидкостей, и они испаряются аналогично испарению индивидуальных жидкостей. Характер процесса испарения капли жидкости при изменении температуры среды не меняется – остается справедливым закон Срезневского: объемная скорость испарения капли зависит от начальной поверхности капли и численного значения константы испарения для данной жидкости.

В таблице 1 приведены значения константы скорости испарения от вида горючей жидкости.

Таблица 1 – Значения константы скорости испарения и от вида горючей жидкости

Показатели	Вид горючей жидкости					
	ДТ	80% ДТ и 20% МЭРМ	70% ДТ и 30% МЭРМ	МЭРМ	РМ	М40
$K_{исп} \cdot 10^6, \text{ м}^2/\text{с}$	0,997	0,953	0,901	0,813	0,468	0,402

Далее провели экспериментальные исследования по определению температур воспламенения и периодов индукции для разных горючих жидкостей, которые приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Экспериментальные данные температуры воспламенения и периода индукции разных горючих жидкостей

Горючая жидкость	Температура воспламенения, К	Период индукции, с
ДТ	1018	1,1
МЭРМ	983	2,7
РМ	976	6,7
Соапсток	938	2,8
М40	968	2,1

Из данных, представленных в таблице, видно, что минимальную температуру воспламенения $T_{\dot{a}} = 938$ К имеет соапсток, а максимальную $T_{\dot{a}} = 1018$ К – ДТ (дизельное топливо).

Поскольку на сегодняшний день, из выбранных нами для исследования жидких топлив, наиболее не изучена кинетика воспламенения РМ (рапсового масла) и соапстока, то дальнейшее исследование по воспламенению капли в потоке будем проводить с РМ и соапстоком. Экспериментальные исследования показали, что с увеличением диаметра капли температура воспламенения РМ и соапстока уменьшается.

Важным в дальнейшем стало исследование зависимости периода индукции от размеров капли горючей жидкости. Исследования проводились с каплями рапсового масла начальных размеров: $d_1 = 1,5 \cdot 10^{-3}$ м; $d_2 = 2,0 \cdot 10^{-3}$ м; $d_3 = 2,5 \cdot 10^{-3}$ м в интервале температур (963 – 1083) К. Экспериментальные исследования показали, что период индукции возрастает с увеличением диаметра капли при заданной температуре потока.

Проведенные исследования по горению капель горючих жидкостей в обычном, относительно покоящемся воздухе характеризуется неполнотой горения. Под действием высокой температуры при горении капли происходит пиролиз, т.е. разложение паров на элементарный их состав.

Элементарный состав горючей массы исследуемых горючих жидкостей приведен в таблице 3.

Приведенный элементарный состав горючих жидкостей показывает, что основной частью исследуемых жидкостей является углерод С.

Неполное сгорание выражается в том, что часть углерода горючих жидкостей не сгорает полностью в диоксид углерода CO_2 , а образует продукты неполного горения – оксид углерода СО, свободный углерод С, выделяющийся в виде сажи и другие продукты. Можно полагать, что неполнота горения капли в основном может быть выражена образованием сажи и СО.

Таблица 3 – Элементарный состав горючей массы разных горючих жидкостей, %

Горючие жидкости	Содержание по массе, %			
	С	Н	О	S
ДТ [5]	87,0	12,4	0,4	0,2
МЭРМ [5]	77,5	12,0	10,5	0,002
РМ [7]	77,0	12,0	11,0	0,002
М40 [111]	87,4	10,3	0,6	1,7

Важным явилось определение неполноты сгорания капель разных горючих жидкостей, результаты которых представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты исследований неполноты сгорания капель горючих жидкостей

Горючая жидкость	Неполнота сгорания, %
ДТ	0,28
МЭРМ	0,03
РМ	0,25
М40	6,83

Приведенные в таблице 4 значения неполноты горения капель показали, что неполнота сгорания капель наблюдаются для мазута М40, а для капли рапсового масла РМ неполнота горения \approx в 27 раз меньше.

Проведенный термический и термогравиметрический анализ позволил получить сведения о потере массы исследуемых топлив, что дает возможность судить о количестве летучих компонентов, о кинетике процессов разложения с ростом температуры, так ДТ теряет 70 % своей массы при температуре 530 К, М40 – при 668 К, соапсток – при 676 К, РМ – при 748 К, процесс разложения начинается для ДТ при температуре 373 К, соапсток – при 367 К, РМ – при 533 К и т.п.

На основании экспериментальных исследований можно сделать вывод о перспективности использования рапсового масла и его отстоя – соапстока, с одной стороны как топлива в энергетических установках, с другой стороны, как добавки этого горючего продукта в традиционно применяемое топливо (мазут) – позволит создать его экономию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гелетуха Г. Г. Киотский протокол и дополнительные инвестиции в энергосбережение / Г. Г. Гелетуха, Е. В. Коньшина // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2007. – № 4 (10). – С. 28-33.
2. Альтернативные топлива и другие нетрадиционные источники энергии : Монография / [Адаменко А., Высочанский В., Летко В., Михайлов М.]; под ред. В. Летки. – Киев : ІМЕ, 2001. – 432 с.

РОЛЬ ЛУЧИСТОГО ТЕПЛООБМЕНА В ПРОЦЕСЕ РАЗВИТИЯ ПОЖАРА

Тригуб С.Н., Селиванов С.Е.,

Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Актуальность. Важную роль в пожарном деле играет лучистый теплообмен (радиационный теплообмен) – процесс переноса энергии от одного тела к другому (а также между частями одного и того же тела), обусловленный превращением части внутренней энергии вещества в энергию излучения (испусканием электромагнитных волн, или фотонов) переносом излучения в пространстве со скоростью света и его поглощением веществом (обратным превращением энергии электромагнитных волн во внутреннюю энергию). При этом перенос излучения в материальной среде может сопровождаться поглощением и рассеянием, а также собственным излучением среды [1].

Электромагнитные волны длиной от 0,4 до 800 мкм излучаются телами и попадая на другие тела, превращаются в тепловую энергию. Передача теплоты излучением может происходить в различных областях спектра (в зависимости от температуры). Свойством поглощаться телами и превращаться в тепловую энергию обладают световые и инфракрасные лучи, имеющие длину волны соответственно 0,4 – 0,78 и 0,78 – 1000 мкм. Световое (видимое) и инфракрасное (тепловое) излучение с длиной волны 0,4 – 40 мкм в наибольшей степени способны нагревать облучаемые тела, что представляет большую пожарную опасность как при работе различного рода бытовых и промышленных нагревательных устройств, так и в условиях пожара [2].

Существенное отличие лучистого теплообмена от других видов теплообмена (конвекции, теплопроводности) заключается в том, что он может протекать при отсутствии материальной среды, разделяющей поверхности теплообмена, т. е. электромагнитное излучение распространяется и в вакууме. Важной характеристикой лучистого теплообмена является пробег излучения – средний путь, проходимый фотоном без взаимодействия с веществом, он зависит от плотности среды, в которой происходит распространение излучения, и степени её непрозрачности.

Результаты исследования. При пожаре в помещении теплота от пламени и продуктов сгорания в лучистом теплообмене передается ограждающим конструкциям помещения, теплопроводностью проходит через них и с наружной поверхности вновь в лучистом теплообмене отдается в окружающую среду. Конечно это примитивная схема теплообмена, потому что в общем случае теплота одновременно переносится конвекцией, тепловым излучением и теплопроводностью, т.е. происходит сложный теплообмен или теплопередача. Отметим, что все виды переноса теплоты могут происходить только в том случае, если между телами или в различных точках тела температура не одинакова.

В процессе развития пожара характеризующийся высокими температурами во всех случаях главенствующее значение имеет теплообмен излучением. Уже при температуре 1073 К и выше теплообмен между телами происходит практически лишь за счет излучения.

Испускание лучистой энергии (тепловое излучение) абсолютно чёрного тела описывается законом излучения Стефана – Больцмана и законом излучения Планка. Применительно к условиям термодинамического равновесия закон Стефана – Больцмана даёт выражение для плотности потока интегрального излучения в полусферу, испускаемого поверхностью абсолютно чёрного тела в пределах полусферического телесного угла во всём интервале длин волн от 0 до ∞ , $E_o = \sigma T^4$ [Вт/м²], где

$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт/м²К⁴ – Стефана – Больцмана постоянная, T – темп-ра тела. Плотность потока монохроматического излучения в полусферу в узком интервале длин волн описывается формулой Планка: $E_{\lambda_o} = \frac{C_1}{\lambda^5 [\exp(C_2 / \lambda T) - 1]}$ [Вт/м³]. Здесь C_1 и C_2 – константы, $C_1 = 3,7413 \cdot 10^{-16}$ Вт·м², а $C_2 = 1,4388 \cdot 10^{-2}$ м·К.

Излучательные свойства реальных тел отличаются от свойств абсолютно чёрного тела, что учитывается с помощью специальных коэффициентов – степени черноты, который в зависимости от того, относится он к интегральному или монохроматическому излучению, называется интегральной степенью черноты (ε) или спектральной степенью черноты (ε_λ). В результате плотности потоков интегрального и монохроматического излучения для реального тела описываются выражениями $E = \varepsilon E_o$; $E_\lambda = \varepsilon_\lambda E_{\lambda_o}$. Тела, у которых спектральная степень черноты не зависит от длины волны излучения, называется серыми телами.

Перенос излучения в материальной среде произвольном направлении S описывается в общем случае интегродифференцированным уравнением

$$\frac{\partial I_\lambda}{\partial s} = \kappa_\lambda (I_{\lambda_o} - I_\lambda) + \sigma_\lambda \left(\frac{1}{4\pi} \int_{4\pi} \chi d\Omega - I_\lambda \right), \quad (1)$$

где I_λ – спектральная интенсивность излучения, $I_{\lambda_o} = E_{\lambda_o} / \pi$ – спектральная интенсивность излучения абсолютно чёрного тела, κ_λ – спектральный коэффициент поглощения излучения в среде, σ_λ – спектральный коэффициент рассеяния излучения, χ – индикатриса рассеяния (индикатриса рассеяния – векторная диаграмма, изображающая зависимость интенсивности рассеянного света от угла рассеяния падающего естественного света). Рассеяние излучения характеризуется вторым слагаемым в правой части уравнения (1) и существенно для сред, содержащих конденсированные частицы (твёрдые или жидкие). При лучистом теплообмене в газообразной среде рассеянием излучения, как правило, можно пренебречь и перенос излучения описывать уравнением [1].

$$\frac{dI_\lambda}{ds} = \kappa_\lambda (I_{\lambda_o} - I_\lambda). \quad (2)$$

Теория лучистого теплообмена имеет фундаментальное значение для описания теплофизических процессов.

Используя законы излучения, поглощения и отражения, зависимость излучения от направления, можно получить расчетные формулы для определения характеристик лучистого теплообмена между непрозрачными телами.

В качестве примеров можно рассмотреть некоторые простейшие задачи лучистого теплообмена между телами: лучистый теплообмен между двумя параллельными поверхностями; лучистый теплообмен между телом и оболочкой; лучистый теплообмен между телами, произвольно расположенными в пространстве; влияние экрана на лучистый теплообмен и др. [3].

Лучистый теплообмен между двумя плоскопараллельными поверхностями представляет интерес с точки зрения пожарной безопасности, поскольку теплообмен между сильно нагретыми поверхностями различного рода нагревательных установок и близкорасположенными к ним (на расстоянии нескольких сантиметров) плоскими поверхностями горючих конструкций или материалов может вызвать их воспламенение.

Практика показывает, что по этой причине возникает большое число пожаров. Получив расчетное уравнение для рассматриваемого случая лучистого теплообмена можно решать задачи пожарной безопасности, в частности возможность воспламенения горючих материалов, расположенных вблизи сильно нагретых поверхностей.

В практике пожарного дела наблюдаются случаи лучистого теплообмена между поверхностью конечных размеров и параллельной ей элементарной площадкой.

Для уменьшения количества энергии. Излучаемой в направлении различных тел, на пути лучистого потока располагают какое-либо тело, отражающее или поглощающее тепловые лучи. Тела, обладающие такими свойствами, принято называть тепловыми экранами. Защиту от излучения нагретых поверхностей при помощи экранов широко применяют в быту, на производстве и в практике противопожарной защиты. В этих условиях возможно провести расчет экранов.

Расчеты это хорошо, но если есть возможность непосредственного экспериментального исследования воздействия лучистой энергии на тела и при этом определить ее влияние на пожарную опасность, то это имеет большое практическое значение в пожарной профилактике.

Для этой цели в научной лаборатории Херсонской государственной морской академии создана лазерная установка и проведены предварительные исследования на горючесть различного рода преград на пути лучистого потока лазера.

Общий вид установки представлен на рис. 1.



Рисунок 1 – Общий вид экспериментальной установки для исследования горючесть различного рода преград (материалов) на пути лучистого потока лазера

В качестве источника излучения используется лазер 1 на углекислом газе типа ИЛГН-709 непрерывного режима работы в инфракрасной части спектра (длина излучения $10,6 \cdot 10^{-6}$ м), выходной мощностью излучения до 100 Вт с ослабителем мощности 3, состоящий из конических дисков, приводимых во вращение электродвигателем, измерителем средней мощности излучения 4 (в диапазоне от 1 Вт до 100 Вт) типа РСИСИ «Титан», принцип действия которого основан на преобразовании измеряемого лазерного излучения в пропорциональный электрический сигнал, усилении и преобразовании электрического сигнала в цифровой код с индикацией результатов измерений на цифровое табло – электронного цифрового измерителя 5 типа Щ 68006.

На пути лучистого потока от лазера располагают исследуемое тело, отражающее или поглощающее лучистую энергию и исследуются их горючесть. В зависимости от рода материала и состояния его поверхности определяются поглощающие и отражающие экраны. Особенно важным является применение различного рода экрана для защиты от излучения личного состава пожарных подразделений и защиты специальных костюмов (материалов) от воздействия лучистой энергии различной мощности излучения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Физический энциклопедический словарь. – М. : Советская энциклопедия, 1990. – С. 618-619.
2. Основы пожарной теплофизики: учебник для пожарно-технических училищ / М. П. Башкирцев, Н. Ф. Бубырь, Н.А. Минаев, Д. Н. Ончуков; под ред. М. П. Башкирцева. – М. : Стройиздат, 1984. – 198 с.
3. Беляев Н. М. Основы теплопередачи : учебник для студентов специального образования / Н. М. Беляев. – К. : Выща школа, 1989. – 344 с.

ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНІ СИСТЕМИ ОЧИЩЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ БАГАТОКОМПОНЕНТНИХ СТІЧНИХ ВОД

Филипчук В.Л., Бернацький М.В.,

Національний університет водного господарства та природокористування
(Україна, м. Київ)

Актуальність. Особливістю сучасних стічних вод, що утворюються на машинобудівних підприємствах, є багатокомпонентність складу, яка характеризується наявністю широкого спектру мінеральних та органічних забруднюючих домішок із різними фізико-хімічними властивостями. Домішки, що знаходяться в багатокомпонентних стоках, можна умовно поділити на три основні групи: іони важких металів, аніони сильних кислот (сульфати, хлориди, нітрати), органічні речовини (масла, жири, нафтопродукти, поверхнево-активні речовини, органічні кислоти тощо).

Наявність багатокомпонентності в стічних водах вкрай негативно впливає на процеси їх очищення, потребує застосування значної кількості різноманітних хімічних реагентів, які в свою чергу підвищують мінералізацію і особливо аніонний склад очищеної води, тобто фактично сприяють «вторинному» забрудненню очищеної води. В результаті цього значно погіршується якість очищених стоків, що скидаються у водоймища, істотно порушується екологічна рівновага, виникають негативні зміни у водному середовищі та живих організмах.

Тому розробка технологій очищення багатокомпонентних стічних вод, при застосуванні яких мінімізується кількість введених хімічних реагентів є достатньо актуальною проблемою.

Задачею даної роботи є розробка безреагентних технологічних схем очищення багатокомпонентних стічних вод, що утворюються на машинобудівних підприємствах.

Результати досліджень щодо очищення багатокомпонентних стічних вод, у складі яких є іони міді, цинку, свинцю, нікелю, олову, хрому та високі концентрації органічних речовин (СПАР, емульговані домішки, алкілсульфонова кислота, спеціальні добавки) і мінеральні солі, показують, що вилучення важких металів у вигляді гідроксидів при рН 9.5-10.0 с подальшим осадженням і фільтруванням не дозволяє отримати залишкові концентрації важких металів, що відповідають встановленим вимогам. Для підвищення глибини осадження важких металів в таких умовах запропоновано використання малих доз гідролізуючих коагулянтів ($FeCl_3$, $Al_2(SO_4)_3$, $Fe_2(SO_4)_3$, основного гідрохлориду або гідросульфату алюмінію), гідроксиди $Al(OH)_3$ та $Fe(OH)_3$ яких утворюють аморфні осади, що мають розвинену об'ємну структуру і відповідно значну поверхневу енергію.

Внаслідок цього осади цих металів сприяють співосадженню катіонів інших важких металів за рахунок їх адсорбції із стічної води. Крім того, введення коагулянтів сприяє сорбції органічних домішок, що позитивно впливає на осадження важких металів в умовах багатокомпонентного складу стічних вод [1].

Найбільш доцільним є двоступеневе введення коагулянтів, зокрема в момент підлужування стічної води перед попереднім вилученням утвореної зависі у відстійниках, флотаторах, прояснювачах і далі перед механічними фільтрами. В процесі такого очищення супутнє вилучення ПАР складає 70-85%, зниження вмісту емульгованих частинок, нестабілізованих детергентами (масло- і нафтопродуктів), досягає 0,3-0,8 мг/дм³, хімічна потреба кисню зменшується в середньому на 55-75%, залишкові концентрації важких металів знижуються до 0,1-0,03 мг/дм³.

В той же час, введення малих доз реагентів у ряді випадків може бути неприйнятним, зокрема при повторному використанні очищеної води у виробництві. Тому для зменшення кількості використовуваних реагентів та зниження «вторинного» забруднення очищеної води аніонами та катіонами сильних кислот та основ перспективним є застосування електрохімічних методів очищення стічних вод, які дозволяють також в деякій мірі знизити мінералізацію очищеної води за рахунок сорбції та співосадження іонів. Особливо доцільним є застосування комбінації хімічних та

електрохімічних методів в оборотних та замкнених системах водопостачання підприємств, для яких в оборотній воді основними лімітуючими показниками є загальна мінералізація та концентрація аніонної складової (сульфати, хлориди, нітрати тощо).

Найбільш доцільним є застосування електрохімічного уведення коагулюючих катіонів алюмінію або заліза із застосуванням електрохімічних ректорів. Цей процес, відомий як «електрокоагуляція», здійснюється шляхом іонізації (електрохімічного розчинення) металевих анодів під дією постійного електричного струму [2]. Одночасно на металевих катодах відбувається відновлення молекул води з утворенням бульбашок газоподібного водню та гідроксильних іонів, які сприяють підлучуванню стічної води, необхідного для осадження важких металів. Іони металу утворюють гідроксиди, які мають підвищені сорбційні властивості до важких металів, органічних сполук та інших компонентів стічних вод і, згідно наших досліджень, сприяють вилученню аніонів хлору та сульфату (в середньому від 10 до 30%).

Оскільки при застосуванні залізних електродів вони іонізуються з утворенням двовалентного заліза, то електрокоагуляцію можна застосовувати для відновлення такого токсичного компоненту, як шестивалентний хром, з одночасною коагуляцією забруднюючих домішок.

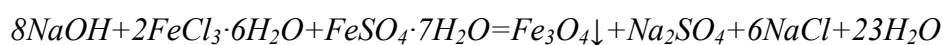
Перевагами електрокоагуляції є значне зменшення дози лужного реагенту для підлучування стічної води, просте регулювання необхідної для коагуляції дози іонів металів, яке полягає тільки в регулюванні величини електричного струму. Окрім того, бульбашки водню контактують з утвореними гідроксидами металів і створюють з ними флотокомплекси, які спливають на поверхню стічної води. Це значно зменшує (у 3-5 разів) тривалість процесу флотаційного відділення завдяки від стічної води у порівнянні з відстоюванням та знижує вологість шламу до 89-92%.

У зв'язку із значним подорожчанням за останні роки хімічних реагентів процес електрокоагуляції (електрокоагуляції-флотації) є перспективним з точки зору зниження вартості очищення і запобігання вторинного іонного забруднення очищеної стічної води. Однак суттєвим недоліком електрокоагуляції є можливість пасивації та інкрустації електродів, що призводить до поступового зниження величини струму і затухання процесу іонізації металу.

Як показали проведені нами дослідження, для запобігання цьому негативному явищу необхідно проводити регулярну зміну полярності постійного електричного струму в електрореакторах в залежності від кривої зміни величини струму, яка має синусоїдальний характер у часі. Періодичність переполюсовки вибирається для кожної стічної води експериментально і визначається висхідною і низхідною гілками кривої зміни електричного струму у часі таким чином, щоб не допустити зниження величини струму нижче допустимого.

Перспективним є також застосування магнітно-реагентної технології для комплексної сорбції важких металів та органічних домішок. Основною перевагою такої технології є компактність і малі розміри установок. Процес очищення води відбувається із порівняно великою швидкістю, що дозволяє одночасно з іншими домішками вилучати феро- і парамагнітні частинки з ефективністю очистки до 98-99%.

Особливістю магнетиту (Fe_3O_4) є його високі сорбційні властивості, малий об'єм, підвищена щільність, що дозволяє під час його застосування отримати менший об'єм осаду при високій якості очищення стічної води. Розчин магнетиту можна отримати методом конденсації і розчиненням солей дво- і тривалентного заліза надлишком лугу по реакції:



Така технологія дає змогу отримати магнетит із необхідними магнітними властивостями та дисперсністю в залежності від фізико-хімічних властивостей води. Приготування магнетиту для установок малої продуктивності доцільно виконувати шляхом електрохімічного розчинення металу, який має феромагнітні властивості. Для

реалізації цього методу нами розроблено електрореактори (електрокоагулятори) з обертальним катодом. Отриманий цим способом магнетит містить 50-70% феромагнітної фракції, яка підлягає регенерації, з можливістю повторного багаторазового використання. Незворотні втрати при цьому становлять 0,1-0,3%.

На підставі проведених досліджень була розроблена узагальнена технологічна схема очищення багатокомпонентних стічних вод машинобудівних підприємств, що вміщують важкі метали (нікель, хром(VI), цинк, мідь) та органічні сполуки (рис. 1).

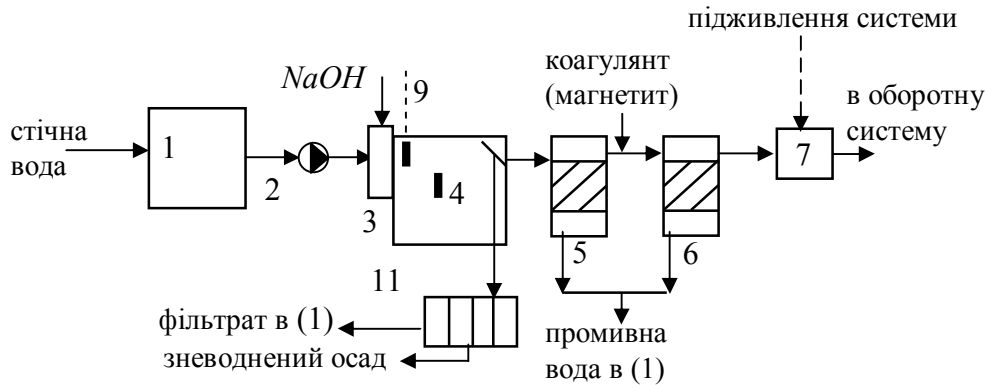


Рисунок 1 – Принципова технологічна схема очищення багатокомпонентних стічних вод машинобудівних підприємств: 1 – накопичувач-усереднювач стічних вод, 2 – насос, 3 – електрореактор, 4 – флотатор, 5,6 – пінополістирольні фільтри першого та другого ступеня, 7 – ємкість чистої води, 8 – вузол зневоднення осаду (фільтр-прес)

Схема включає регулюючі ємкості вихідної та очищеної стічної води, електрореактор для відновлення хрому(VI) та введення коагулянту, споруди для відділення утворених малорозчинних сполук важких металів (флотатор, фільтри 1 та 2 ступеня), реагентне господарство для введення їдкового натрію та алюмінієвого коагулянту.

Очищена вода подається на повторне використання у виробництво. Підживлювальна вода, яка компенсує втрати води у виробничих процесах, може направлятися в ємкості чистої води або безпосередньо на окремі технологічні процеси. Розроблені технологічні схеми очищення стічних вод впроваджені на ряді підприємств України.

Висновки. Таким чином, застосування в технологічних схемах очищення багатокомпонентних стічних вод малих доз коагулянтів, магнетиту та електрохімічних методів дозволяє запобігти «вторинному» забрудненню очищеної води, знизити її негативний вплив на довкілля за рахунок повторного використання в системах повторного та оборотного водопостачання підприємств.

ЛІТЕРАТУРА

1. Филипчук В. Л. Очищення багатокомпонентних металовміщуючих стічних вод промислових підприємств. – Рівне : УДУВГП, 2004. – 232 с.
2. Гибкие автоматизированные гальванические линии : Справочник / В. Д. Зубченко, В. М. Рогов и др. – М. : Машиностроение, 1989. – 672 с.
3. Гіроль М. М., Бернацький М. Установка магнітно-реагентного очищення води // Міжнародний конгрес і технічна виставка [Водопостачання, каналізація, екологія, технологія, економіка (ЕТЕВК-2009)] : збірник доповідей. – Ялта, 2009. – С. 266-269.
4. Установка для очищення рідин.: Декл. пат. України № 5483А, МКИ В03С1/00, В01D21/00 / Гіроль М. М., Бернацький М. В., Прокопчук Н. М. – №2002043324; Заявлено 22.04.2002; Опубл. 17.03.2003, Бюл. №3.

ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК

А

Абракітов В.Е., 44
Аветісян В.Г., 47
Алексенко В.Л., 82
Аржаєв Г.О., 85

Б

Балака М.М., 85
Барбашова М.В., 90
Басараба Ю.Б., 172
Батлук В.А., 175
Бень А.П., 50, 52
Бернацький М.В., 226
Бірюков Ю.Ю., 27
Бобыр В.А., 55
Богдан Ю.А., 104
Богданов А.В., 177
Богданов В.А., 177
Борсук С.П., 6
Боярин М.В., 180
Боярська І.В., 143
Браїло М.В., 94
Будянская Э.Н., 59
Букетов А.В., 94
Буховець В.М., 125

В

Ваганов О.І., 97
Василенко А.В., 85

Г

Галкин С.А., 203
Гнатів А.В., 100
Горбов В.М., 183
Горобець В.Г., 104
Гусєв В.М., 44

Д

Давидюк О.І., 143
Дмитриев В.И., 63
Дмитриев И.О., 34
Дудова Д.А., 68
Дулдиер А.П., 106

Е

Евдокимова В.А., 216

Ж

Жилєнков А.А., 108
Житарєнко В.М., 139

З

Зайцева Т.Г., 11
Зайчук Н.П., 110
Запорожець О.І., 188
Землянський А.В., 14, 32

І

Імбирович Н.Ю., 110

К

Кажан К.І., 188
Калинчак В.В., 192
Калугин В.В., 192
Камишин В.В., 16
Катеруша В.И., 55
Кашицький В.П., 146
Клапків М.Д., 110
Корєнной С.Н., 21
Корєнь Е.В., 82
Корж С.І., 6
Коробко В.В., 112
Косторнов А.Г., 143

Л

Леонов В.В., 205
Леонов В.Е., 196
Ловейкін В.С., 117
Луців І.В., 125

М

Малахов А.В., 205
Малыгин Б.В., 201, 203
Мамонтов В.В., 71
Маслов В.А., 205
Мачуга О.С., 207
Мельниченко Б.М., 132
Мирзоев Б.М., 23
Мірус О.Л., 175
Мітенкова В.С., 183
Міщук Д.О., 117
Мухтаров П.Ш., 23

Н

Насіров Ш.Ш., 23
Настасєнко В.О., 126,
211
Невиніцин А.М., 27
Нечитайло Л.М., 201

О

Остролуцкий К.А., 152

П

Паламарчук И.В., 52
Параняк Н.М., 175
Пелєвін Л.Є., 85, 132
Пелихатый Н.Н., 216
Повстяной О.Ю., 110
Погорлецкий Д.С., 201,
203
Поліщук А.Г., 135
Прокофьев М.И., 59
Просьянок В.В., 139

Р

Рєва О.М., 23, 27

С

Савонина Н.А., 27
Савчук Л.А., 180
Савчук П.П., 143, 146,
157
Садова О.Л., 146
Сало Н.А., 14, 32
Сапронов О.О., 94
Свешников В.В., 148, 152
Сєліванов С.Є., 44, 47,
192, 216, 222
Семенов В.Г., 216
Синило К.В., 188
Скирденко В.О., 82
Слівінська С.В., 157
Соловей А.С., 76
Соляков О.В., 63
Сорока М.Ю., 34
Софронков А.Н., 192
Старостин С.Н., 205
Суглобов В.В., 160

Т

Тимофєєва А.С., 183

Ткачук Е.В., 160

Тригуб С.Н., 222

Трунова И.С., 163

Тысик Б.Г., 59

Ф

Филипчук В.Л., 226

Ч

Черненко А.С., 59, 192

Чернышева О.Н.,

Ш

Шварц С.С., 82

Шиндерук С.А., 167

Шишко Е.И., 59

Шульгін В.А., 38

Я

Яцюк В.М., 94

ЗМІСТ

	Стор.
ПЕРЕДМОВА	3
<i>Секція 4: Тренажерні системи та людський фактор на транспорті</i>	
НАВЧАЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ СУЧАСНИХ ТРЕНАЖЕРНИХ КОМПЛЕКСІВ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ АВІАЦІЙНИХ ДИСПЕТЧЕРІВ	6
<i>Корж С.І.,</i> Навчально-сертифікаційний центр Державного підприємства обслуговування повітряного руху України, <i>Борсук С.П.,</i> Національний авіаційний університет (Україна)	
ПСИХОЛОГІЧНІ МЕХАНІЗМИ АКТИВІЗАЦІЇ ЛЮДСЬКОГО РЕСУРСУ МОРЯКА	11
<i>Зайцева Т.Г.,</i> Херсонська державна морська академія (Україна)	
АВТОМАТИЗАЦІЯ ОЦЕНЮВАННЯ ХОДА ВИПОЛНЕННЯ ЗАДАНИЙ НА ТРЕНАЖЕРАХ УПРАВЛЕННЯ ВОЗДУШНИМ ДВИЖЕННЯМ	14
<i>Землянский А.В., Сало Н.А.,</i> Кировоградская летная академия Национального авиационного университета (Україна)	
РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ З ІНДИВІДУАЛІЗАЦІЇ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ АВІАЦІЙНИХ ОПЕРАТОРІВ	16
<i>Камішин В.В.,</i> Інститут обдарованої дитини Національної академії педагогічних наук України (Україна)	
ГРОЗОВАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В ЦЕНТРАЛЬНЫХ РЕГИОНАХ УКРАИНЫ И ЕЁ МОДЕЛИРОВАНИЕ НА ТРЕНАЖЕРАХ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ	21
<i>Коренной С.Н.,</i> Кировоградская летная академия Национального авиационного университета (Україна)	
ПРОФЕСІЙНІ СИТУАТИВНІ ВПРАВИ ДІАГНОСТИКИ І КОРЕКЦІЇ НЕБЕЗПЕЧНИХ СТРАТЕГІЙ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ АВІАДИСПЕТЧЕРАМИ	23
<i>Рева О.М.,</i> Кіровоградський національний технічний університет (Україна), <i>Мирзоев Б.М., Насіров Ш.Ш.,</i> Головний центр Єдиної системи управління повітряним рухом держпідприємства AZANS (Азербайджанська Республіка), <i>Мухтаров П.Ш.,</i> Национальная академия авиации (Азербайджанська Республіка)	

СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ОРГАНІЗАЦІЇ ДІЯЛЬНОСТІ ДИСПЕТЧЕРСЬКОЇ ЗМІНИ, ЯК НЕВЕЛИКОЇ ГРУПИ АВІАЦІЙНИХ ОПЕРАТОРІВ 27

Рева О.М.,

Кіровоградський національний технічний університет (Україна),

Невиніцин А.М.,

Кіровоградська льотна академія Національного авіаційного університету (Україна),

Бірюков Ю.Ю.,

Львівський регіональний структурний підрозділ ДП «Украерорух» (Україна),

Савонина Н.А.,

Кіровоградська льотна академія Національного авіаційного університету (Україна)

АНАЛІЗ МЕТОДОВ ФОРМИРОВАНИЯ УПРАЖНЕНИЙ ДЛЯ ТРЕНАЖЕРНОЙ ПОДГОТОВКИ АВИАДИСПЕТЧЕРОВ 32

Сало Н.А., Землянский А.В.,

Кіровоградська льотна академія Національного авіаційного університету (Україна)

РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО СОСТАВЛЕНИЮ РАСПИСАНИЯ ПОДГОТОВКИ КУРСАНТОВ НА ДИСПЕТЧЕРСКОМ ТРЕНАЖЕРЕ 34

Сорока М.Ю., Дмитриев И.О.,

Кіровоградська льотна академія Національного авіаційного університету (Україна)

МОДЕЛЬ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ДІЯЛЬНОСТІ ІНСТРУКТОРА АВІАЦІЙНОГО ТРЕНАЖЕРА 38

Шульгін В.А.,

Кіровоградська льотна академія Національного авіаційного університету (Україна)

Секція 5: Безпека судноплавства

ПРОПОЗИЦІЯ ПО ШУМОІЗОЛЯЦІЇ СУДОВИХ КОФЕРДАМІВ 44

Абракітов В.Е.,

Харківський національний університет міського господарства (Україна),

Гусєв В.М., Селіванов С.Є.,

Херсонська державна морська академія (Україна)

СКОРОЧЕННЯ ЧАСУ ОПЕРАТИВНОГО РОЗГОРТАННЯ ПРИ ПОЖЕЖАХ В ЖИТЛОВИХ ПРИМІЩЕННЯХ НА ВЕРХНІХ ПАЛУБАХ ПАСАЖИРСЬКИХ СУДЕН 47

Аветісян В.Г.,

Національний університет цивільного захисту України (Україна, м. Харків),

Селіванов С.Є.,

Херсонська державна морська академія (Україна)

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СУЧАСНИХ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ РУХОМ СУДЕН 50

Бень А.П.,

Херсонська державна морська академія (Україна)

МЕТОДЫ ПЛАНИРОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ ТРАЕКТОРИИ ТРАНСОКЕАНСКОГО ПЕРЕХОДА	52
<i>Бень А.П., Паламарчук И.В.,</i> Херсонская государственная морская академия (Украина)	
НАДЕЖНОСТЬ СИСТЕМ МЕНЕДЖМЕНТА НА СУДНЕ	55
<i>Бобыр В.А., Катеруша В.И.,</i> Одесская национальная морская академия (Украина)	
ДИАГНОСТИКА НАРУШЕНИЙ В ИММУННОМ СТАТУСЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ ВИДЕОДИСПЛЕЙНЫХ ТЕРМИНАЛОВ НА СУДАХ	59
<i>Будянская Э.Н., Тысик Б.Г., Чернышева О.Н.,</i> Научно-исследовательский институт гигиены труда и профессиональных заболеваний Харьковского национального медицинского университета (Украина), <i>Прокофьев М.И.,</i> Научно-исследовательский центр «ТЕЗИС» (Украина, г. Харьков), <i>Шишко Е.И.,</i> Херсонская государственная морская академия (Украина)	
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	63
<i>Дмитриев В.И., Соляков О.В.,</i> Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова (Россия)	
АНАЛИЗ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ ЕВРОПЕЙСКИХ РЕЧНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СЛУЖБ	68
<i>Дудова Д.А.,</i> Морской колледж Херсонской государственной морской академии (Украина)	
СПОСОБЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ АВАРИЙНОГО ПРОИСШЕСТВИЯ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТЫ КОМАНДЫ МОСТИКА СУДНА	71
<i>Мамонтов В.В.,</i> Одесская национальная морская академия (Украина)	
ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ С ТЯЖЕЛЫМИ НЕГАБАРИТНЫМИ ГРУЗАМИ НА МОРСКОМ ТРАНСПОРТЕ	76
<i>Соловей А.С.,</i> Херсонская государственная морская академия (Украина)	
Секція 6: Проблеми надійності та енергозбереження	
УРАВНЕНИЕ ЧАСТОТ ПРИЗМАТИЧЕСКОЙ БАЛКИ И ЕГО ПРИЛОЖЕНИЯ К ЗАДАЧЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ КОНСТАНТ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ	82
<i>Алексенко В.Л., Скирденко В.О., Шварц С.С.,</i> Херсонская государственная морская академия (Украина), <i>Корень Е.В.,</i> Херсонский государственный аграрный университет (Украина)	

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВЗАЄМОДІЇ ПНЕВМОКОЛІСНОГО РУШІЯ З ОПОРНОЮ ПОВЕРХНЕЮ, ЩО ДЕФОРМУЄТЬСЯ	85
<i>Балака М.М., Пелевін Л.Є., Аржаєв Г.О., Київський національний університет будівництва і архітектури (Україна), Василенко А.В., Воронезький державний архітектурно-будівельний університет (Росія)</i>	
АНАЛИЗ СПОСОБОВ БЕСКОНТАКТНОГО ИЗМЕРЕНИЯ УДЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ЛИСТОВЫХ МЕТАЛЛОВ ПРИ МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКЕ МЕТАЛЛОВ (МИОМ)	90
<i>Барбашова М.В., Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет (Украина)</i>	
ЗАКОНОМІРНОСТІ ВПЛИВУ УЛЬТРАЗВУКОВОЇ ОБРОБКИ НА ВЛАСТИВОСТІ КОМПОЗИТІВ З НАНОДИСПЕРСНИМ НАПОВНЮВАЧЕМ	94
<i>Букетов А.В., Сапронов О.О., Браїло М.В., Херсонська державна морська академія (Україна), Яцюк В.М. Науково-дослідний експертно-криміналістичний центр при УМВС України у Тернопільській області (Україна)</i>	
ВПРОВАДЖЕННЯ НОВИХ СТАНДАРТІВ СИСТЕМ ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ – ЕФЕКТИВНИЙ ШЛЯХ ДО УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯМ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ	97
<i>Ваганов О.І., Одеська залізниця, Одеська державна академія технічного регулювання та якості (Україна)</i>	
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ ВНЕШНЕЙ БЕСКОНТАКТНОЙ МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОЙ РИХТОВКИ	100
<i>Гнатов А.В., Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет (Украина)</i>	
ОЦЕНКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ УТИЛИЗАТОРОВ ТЕПЛОТЫ ОТРАБОТАННЫХ ГАЗОВ В КОГЕНЕРАЦИОННЫХ УСТАНОВКАХ НА БАЗЕ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ	104
<i>Горобец В.Г., Богдан Ю.А., Киевская государственная академия водного транспорта имени гетмана Петра Конашевича-Сагайдачного (Украина)</i>	
АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ СЖИГАНИЯ ТОПЛИВА ПРИ РАБОТЕ КОТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ НА ЧАСТИЧНЫХ РЕЖИМАХ	106
<i>Дулдиер А.П., Одесская национальная морская академия (Украина)</i>	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ РАБОТЫ УПРАВЛЯЕМОГО ВЫПРЯМИТЕЛЯ В СЕТИ ОГРАНИЧЕННОЙ МОЩНОСТИ	108
<i>Жиленков А.А., Керченский государственный морской технологический университет (Украина)</i>	

- ТРИБОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ КОМБІНОВАНИХ ЕЛЕКТРОМЕТАЛІЗАЦІЙНО-ПЛАЗМОЕЛЕКТРОЛІТНИХ ПОКРИТТІВ** 110
Імбірович Н.Ю.,
Луцький національний технічний університет (Україна),
Клапків М.Д.,
Фізико-механічний інститут ім. Г.В.Карпенка НАН України (Україна, м. Львів),
Повстяной О.Ю., Зайчук Н.П.,
Луцький національний технічний університет (Україна)
- ДОСЛІДЖЕННЯ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ТЕПЛООБМІН В ЕЛЕМЕНТАХ ТЕРМОАКУСТИЧНИХ АПАРАТІВ** 112
Коробко В.В.,
Національний університет кораблебудування імені адмірала С.О. Макарова (Україна, м. Миколаїв)
- РЕАЛІЗАЦІЯ ОПТИМАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ ГІДРОМАНІПУЛЯТОРОМ** 117
Ловейкін В.С.,
Національний університет біоресурсів і природокористування (Україна, м. Київ)
Міщук Д.О.,
Київський національний університет будівництва і архітектури (Україна)
- БАГАТОЛЕЗОВІ МЕХАТРОННІ САМОНАЛАГОДЖУВАЛЬНІ СИСТЕМИ ЗАТИСКУ І ОБРОБКИ** 125
Луців І.В., Буховець В.М.,
Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя (Україна)
- СУЧАСНА СУДНОВА ГІДРОХВИЛЬОВА ЕНЕРГЕТИКА ТА ЇЇ РОЗВИТОК** 126
Настасенко В.О.,
Херсонська державна морська академія (Україна)
- РОЗРОБКА СТЕНДУ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ НОМІНАЛЬНИХ ШТОВХАЮЧИХ, ТЯГНУЧИХ ЗУСИЛЬ ТА ККД ГІДРОЦИЛІНДРА** 132
Пелевін Л.Є., Мельниченко Б.М.,
Київський національний університет будівництва і архітектури (Україна)
- ВІДРІЗНИЙ СТАНОК З СИСТЕМОЮ СЛІДКУВАННЯ** 135
Поліщук А.Г.,
Київський національний університет будівництва і архітектури (Україна)
- ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО АККУМУЛИРОВАНИЯ В КАЧЕСТВЕ РАБОЧЕГО ТЕЛА СУДОВЫХ ТУРБОАГРЕГАТОВ** 139
Присянок В.В.; Житаренко В.М.,
Азовский морской институт Одесской национальной морской академии (Украина, г. Мариуполь)

- ЕПОКСИДНІ КОМПОЗИТИ З КОМПЛЕКСОМ КЕРОВАНИХ
ВЛАСТИВОСТЕЙ** 143
Савчук П.П.,
Луцький національний технічний університет (Україна),
Косторнов А.Г.,
Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України
(Україна, м. Київ),
Давидюк О.І., Боярська І.В.,
Луцький національний технічний університет (Україна)
- ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ФОРМУВАННЯ КОМПОЗИЦІЙНИХ
МАТЕРІАЛІВ ТРИБОТЕХНІЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ З ВИСОКИМИ
МЕХАНІЧНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ** 146
Садова О.Л., Кашицький В.П., Савчук П.П.,
Луцький національний технічний університет (Україна)
- МЕТОДИКА ЭВРИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА МЕХАНИЧЕСКИХ
СИСТЕМ КОРАБЛЕЙ И СУДОВ** 148
Свешников В.В.,
Академия военно-морских сил имени П. С. Нахимова (Украина, г. Севастополь)
- ЭВРИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ВОДЯНОЙ
ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СИСТЕМЫ ВОДОЛАЗНОГО БОТА** 152
Свешников В.В., Остролюцкий К.А.,
Академия военно-морских сил имени П. С. Нахимова (Украина, г. Севастополь)
- ЗАСТОСУВАННЯ БІТУМНО-ГУМОВОГО КОМПОЗИТУ В
ДОРОЖНЬОМУ БУДІВНИЦТВІ** 157
Слівінська С.В., Савчук П.П.,
Луцький національний технічний університет (Україна)
- К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ
И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ПОРТАЛЬНЫХ КРАНОВ** 160
Суглобов В.В., Ткачук Е.В.,
ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет»
(Украина, г. Мариуполь)
- АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ В ИНСТРУМЕНТЕ
МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОЙ РИХТОВКИ НА ОСНОВЕ
СОВМЕЩЕННОГО СОГЛАСУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА
ДИСКОВОГО ТИПА** 163
Трунова И.С.,
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет (Украина)
- РАСЧЕТ ИНДУЦИРОВАННЫХ ТОКОВ И НАПРЯЖЕННОСТЕЙ В
СИММЕТРИЧНОМ УНИВЕРСАЛЬНОМ ИНСТРУМЕНТЕ
МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОЙ РИХТОВКИ** 167
Шиндерук С.А.,
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет (Украина)
-

**Секція 7: Захист довкілля, екологічна безпека,
ресурсозберігаючі технології**

- ВОДНЕВА ЕНЕРГІЯ ТА ФОТОЕЛЕКТРОХІМІЧНЕ РОЗЩЕПЛЕННЯ ВОДИ** 172
Басараба Ю.Б.,
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу (Україна)
- УДОСКОНАЛЕННЯ ГАЗОЧИСТНОГО УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ НЕОРГАНІЧНИМ ПИЛОМ** 175
Батлук В.А., Параняк Н.М.,
Національний університет «Львівська політехніка» (Україна),
Мірус О.Л.,
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності (Україна)
- ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ МАЗУТА И ЕЁ РОЛЬ В СИСТЕМЕ ТОПЛИВОПОДГОТОВКИ НА СУДНЕ** 177
Богданов А.В., Богданов В.А.,
Херсонская государственная морская академия (Украина)
- ДО ПИТАННЯ ВІДРОДЖЕННЯ РІЧКОВОГО ВОДНОГО ТРАНСПОРТУ НА ВОЛИНІ** 180
Боярин М.В., Савчук Л.А.,
Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки (Україна, м. Луцьк)
- АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОБРОБКИ БАЛАСТНИХ ВОД** 183
Горбов В.М., Мітенкова В.С., Тимофєєва А.С.,
Національний університет кораблебудування імені адмірала С.О. Макарова (Україна, м. Миколаїв)
- МОНІТОРИНГ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ВИКИДАМИ ВІД АВІАЦІЙНИХ ДВИГУНІВ В МЕЖАХ АЕРОПОРТУ** 188
Запорожець О.І., Синило К.В., Кажан К.І.,
Національний авіаційний університет (Україна, м. Київ),
Влуккер В.,
Indiana State University, Indiana (USA)
- ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРА ЧАСТИЦЫ КАТАЛИЗАТОРА НА ТЕМПЕРАТУРЫ САМОВОСПЛАМЕНЕНИЯ И ЗАЖИГАНИЯ ГОРЮЧИХ ГАЗОВ** 192
Калинчак В.В., Черненко А.С., Калугин В.В.,
Одесский национальный университет имени И.И. Мечникова (Украина),
Софронков А.Н.,
Одесская национальная академия связи имени А.С. Попова (Украина),
Селиванов С.Е.,
Херсонская государственная морская академия (Украина)
- АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ТОПЛИВА ДЛЯ СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК (СЭУ)** 196
Леонов В.Е.,
Херсонская государственная морская академия (Украина)

НОВЫЕ МАГНИТНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОВЫШЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ МАТЕРИАЛОВ, ИНСТРУМЕНТА И ДЕТАЛЕЙ МАШИН ДЛЯ НУЖД ТРАНСПОРТА И ФЛОТА <i>Малыгин Б.В., Нечитайло Л.М., Погорлецкий Д.С.,</i> Херсонская государственная морская академия (Украина)	201
РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ГЕНЕРАТОРА ИМПУЛЬСОВ ДЛЯ МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКИ УГЛЕВОДОРОДНОГО ТОПЛИВА НА АВТОТРАНСПОРТЕ <i>Малыгин Б.В., Погорлецкий Д.С., Галкин С.А.,</i> Херсонская государственная морская академия (Украина)	203
СПЕЦИФИКА УПРАВЛЕНИЯ ПАРАМЕТРАМИ МНОГОФАЗНОГО ПОТОКА ПРИ ЕГО СЕПАРАЦИИ <i>Малахов А.В., Леонов В.В., Старостин С.Н.,</i> Одесский национальный морской университет (Украина), <i>Маслов В.А.,</i> Херсонская государственная морская академия (Украина)	205
ОСОБЛИВОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЛІСОЗАГОТІВЕЛЬНИХ КОМБАЙНІВ НА ЛІСОСІКАХ З УХИЛОМ <i>Мачуга О.С.,</i> Національний лісотехнічний університет України (Україна, м. Львів)	207
ВОДЕНЬ ЯК ПАЛИВО МАЙБУТНЬОГО ТА ОСОБЛИВОСТІ ЙОГО ВИКОРИСТАННЯ НА ТРАНСПОРТНОМУ ФЛОТІ <i>Настасенко В.О.,</i> Херсонська державна морська академія (Україна)	211
ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ТОПЛИВ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ НА СУДАХ <i>Селиванов С.Е., Евдокимова В.А.,</i> Херсонская государственная морская академия (Украина), <i>Семенов В.Г.,</i> Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт» (Украина), <i>Пелихатый Н.Н.,</i> Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина (Украина)	216
РОЛЬ ЛУЧИСТОГО ТЕПЛООБМЕНА В ПРОЦЕССЕ РАЗВИТИЯ ПОЖАРА <i>Тригуб С.Н., Селиванов С.Е.,</i> Херсонская государственная морская академия (Украина)	222
ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНІ СИСТЕМИ ОЧИЩЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ БАГАТОКОМПОНЕНТНИХ СТІЧНИХ ВОД <i>Филипчук В.Л., Бернацький М.В.,</i> Національний університет водного господарства та природокористування (Україна, м. Київ)	226
ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК	229

ДЛЯ НОТАТОК:

Збірка матеріалів
V Міжнародної науково-практичної конференції

**СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ
ТА ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ
НА ТРАНСПОРТІ**

MINTT-2013

Том 2

Відповідальний за випуск *Врублевський Р. Є.*
Технічний редактор, комп'ютерна верстка *Клементьєва О. Ю.*
Друк, фальцювальні-палітурні роботи *Удов В. Г.*

Підписано до друку 20.05.2013. Формат 60x84/16.
Папір офсетний. Друк цифровий. Гарнітура Times New Roman.
Умов. друк. аркушів 15,00. Тираж 150 прим.

Херсонська державна морська академія
Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 4312 від 10.05.2012
73000, м. Херсон, пр. Ушакова, 20, к. 224
тел. (0552) 44-25-24