

Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції
Материалы III Международной научно-практической конференции
Materials of the 3rd 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-2011

Збірка наукових праць у двох томах

Том 2

Volume 2

**23-25 травня 2011 року
Херсон, Україна**

**23-25 мая 2011 года
Херсон, Украина**

**May 23-25, 2011
Kherson, Ukraine**

Організатори конференції:

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ВНЗ «ХЕРСОНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ МОРСЬКИЙ ІНСТИТУТ»
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
ФІЗИКО-ТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ НАН БІЛОРУСІ
БРЕМЕНСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИКЛАДНИХ НАУК
НАУКОВО-ВИРОБНИЧЕ ОБ'ЄДНАННЯ «ЦИКЛОН»
СПІЛЬНЕ РОСІЙСЬКО-МОЛДАВСЬКЕ ПІДПРИЄМСТВО ЗАВОД «ТОПАЗ»
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)
Івановський В.Г. – 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)
Соколова Н.А. – д.т.н., проф. (Україна)
Тигеняну І.А. – д.т.н., проф. (Молдова)
Федоровський К.Ю. – д.т.н., проф. (Україна)
Харченко В.П. – д.т.н., проф. (Україна)
Ходаков В.Є. – д.т.н., проф. (Україна)
Цимбал М.М. – д.т.н., проф. (Україна)

Організаційний комітет:

голова	Ходаковський Володимир Федорович – ректор ВНЗ «ХДМІ».
заступник голови	Бень Андрій Павлович – проректор з науково-педагогічної роботи.
вчений секретар	Блах Ігор Володимирович – начальник відділу інноваційних технологій.
технічний секретар	Клементьєва Оксана Юріївна – провідний фахівець відділу інноваційних технологій.

Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті: Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції. У 2-х тт. Том 2. – Херсон: Видавництво Херсонського державного морського інституту, 2011. – 336 с.

У збірнику представлено матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті», яка відбулася у м. Херсоні 23-25 травня 2011 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.

**СЕКЦІЯ 4:
ІНТЕГРОВАНІ КОМПЛЕКСИ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ**

РЕКОНСТРУКЦІЯ ІСНУЮЧОГО ЗАЛІЗНИЧНОГО ВОКЗАЛУ СТАНЦІЇ ДОНЕЦЬК У РАМКАХ ПРОВЕДЕННЯ ЄВРО-2012

Білоусов К.І., Федорюк Д.П.
Донецький інститут залізничного транспорту
(Україна)

Залізничний вокзал повинен виконувати загальноміські транспортні функції та бути важливим елементом життя великого міста. Його задачі полягають не тільки в обслуговуванні пасажирів, які користуються послугами залізниці, а й включає також інтеграцію в загальноміську транспортну мережу з забезпеченням зручного зв'язку з іншими видами транспорту.

Будівництво вокзалу як крупного багатофункціонального об'єкта здійснить відчутний вплив на місто. Це означає, що вокзал повинен бути інтегрований до міської інфраструктури, сприяти розвиненню міста та створювати додаткові зручності його мешканцям. Відповідно, проектування вокзалу слід вести з урахуванням усіх факторів загальноміського життя.

Першорядним завданням Державної адміністрації залізничного транспорту України у світлі проведення в Україні футбольного чемпіонату 2012 року є підвищення ефективності та поліпшення транспортного обслуговування пасажирів.

Місто Донецьк є одним з 4 міст України, яке прийматиме Євро. За характером роботи станція є позакласною вантажною станцією. На сьогоднішній день середньодобовий обсяг місцевої роботи складає: навантаження – 100 вагонів, вивантаження – 240 вагонів. У загальному обсязі роботи станції вантажна робота має тенденції до скорочення. У той же час, у роботі станції постійно зростає обсяг пасажирських перевезень і транзитних вантажопотоків. Розмір вантажного транзитного поїздопотоків становить 43-45 пар поїздів, у приміському сполученні – 27 пар поїздів, число пасажирських поїздів з урахуванням літніх, разових і призначуваних за вказівкою перевищує 30 пар поїздів на добу.

Такому співвідношенню поїздів по категоріях не відповідає існуюча спеціалізація станційних колій. Так, із загальної кількості приймально-відправних колій станції (37 колій), для виконання операцій по прийманню й відправленню пасажирських і приміських поїздів передбачено всього 4 колії, обладнані трьома низькими пасажирськими платформами. Колійний розвиток станції Донецьк не відповідає обсягу виконуваної роботи, що значно збільшує тривалість маневрових операцій, викликає збої в маневровій роботі через ворожість маршрутів (при прийманні та відправленні поїздів). Це призводить до зниження пропускної й перероблювальної спроможності станції. Зараз пропускна спроможність станції і, особливо вокзалу й пасажирських пристроїв, практично вичерпана.

Вокзал станції Донецьк (будівництва 1949 р.), незважаючи на постійно зростаючий пасажиропотік (на сьогодні переробка вокзалу складає більше 6 млн. чол. на рік), незначно реконструювався 2 рази, причому реконструкція виконувалась практично без збільшення пропускної спроможності вокзалу, трохи покращено зовнішній вигляд самої будівлі та її приміщень, підвищено комфорт і поліпшено умови для пасажирів.

Таким чином, основні технічні пристрої станції та вокзалу сьогодні не відповідають характеру й обсягам виконуваної роботи, що призводить до невиправданого збільшення експлуатаційних витрат станції й позначається на якості обслуговування пасажирів. Неможливість розділити приміські пасажиропотоки від дальнього та місцевого створює додаткові проблеми з забезпеченням необхідного рівня сервісу для пасажирів усіх категорій та практично унеможлиблює забезпечення необхідних умов для пасажирів з обмеженими фізичними можливостями, у той час як технологія обслуговування цих пасажиропотоків істотно відрізняється від загальної.

Під час проведення в Україні фінальних ігор чемпіонату Євро-2012 пасажиропотік різко зросте. Відповідно до вимог УЄФА переробна спроможність вокзалу повинна дорівнювати не менш 50% місткості стадіону. Розрахункова місткість стадіону «Донбас Арена» складає 43000-45000 місць. Тобто переробна спроможність вокзалу повинна складати 22000-23000 пас./добу. Фактичний загальний середньодобовий пасажиропотік у теперішній час складає 16500 пас./добу, при переробній спроможності існуючого вокзалу до 10000 пас./добу. При цьому фактична місткість існуючого вокзалу у теперішній час складає 700 пасажирів при потрібній розрахунковій місткості 1200 пасажирів.

У зв'язку з вищевикладеним виникла необхідність у реконструкції станції Донецьк і вокзалу, яка передбачає наступне:

1. Реконструкція існуючого пасажирського вокзалу із будівництвом конкурсу для доведення загальної місткості з обліком другого будинку до 1700 місць.

2. Будівництво другого будинку вокзалу зі сторони вул. Артемівської для транзитних пасажирів дальнього слідування (з облаштуванням кас для приміських пасажирів), об'єднаного із музеєм та основним конкурсом.

3. Будівництво громадсько-торговельного комплексу для обслуговування пасажирів та жителів прилеглих домівок.

4. Будівництво пересадочного пункту із диспетчерською, транспортною розв'язкою задля виключення посадки пасажирів приміського автобусного сполучення на головний привокзальний майдан та переводом усіх приміських автобусів-маршруток на вул. Артемівську.

5. Організація привокзального майдану зі сторони вул. Артемівської з розділом транспортного і пасажиропотоку.

6. Додаткове транспортне обладнання (ескалатори, ліфти для інвалідів, підйомне транспортне обладнання для посадки інвалідів у вагон).

7. Перевлаштування існуючих мереж та споруд, які потрапляють до зони будівництва, по ТУ замовника, підходящі інженерні комунікації для об'єкту.

8. Благоустрій території по узгодженню з замовником та органами архітектури із обліком будівництва наземних стоянок для автомобілів.

Після реконструкції загальна переробна спроможність вокзального комплексу зможе збільшуватися на період пікового навантаження під час проведення футбольного чемпіонату 2012 року до 30000 пас./добу, що дорівнює більш ніж 50% місткості стадіону. А розрахункова місткість вокзалу буде складати 1700 пасажирів з обліком конкурсу та транзитного вокзалу.

Реалізація проекту повинна істотно поліпшити транспортний зв'язок вокзалу з основними районами міста, забезпечити зручний під'їзд громадського й індивідуального транспорту, забезпечити створення 150 робочих місць, передбачити забезпечення повноцінних можливостей для обслуговування на вокзалі осіб з обмеженими фізичними можливостями (виділення залу для обслуговування інвалідів, устрій ліфтів, ескалаторів та ін.) та найголовніше – знизити експлуатаційні витрати станції і вокзалу. Після реконструкції це буде єдиний комплекс будівель, споруд та транспортної інфраструктури.

ЛІТЕРАТУРА

1. Галузева програма по проведенню в Україні чемпіонату Європи з футболу 2012 р.

ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИЙ ПРОПУЛЬСИВНИЙ КОМПЛЕКС З БЕЗЩІТКОВОЮ СИНХРОННОЮ МАШИНОЮ

Іщенко І.М., Черненко В.В.
ВНЗ «Херсонський державний морський інститут»
(Україна)

Вступ. Синхронні машини з безщітковими системами збудження з обертаючими випрямлячами знаходять все більше застосування. Такі машини можуть працювати у вибухо- та пожежонебезпечному середовищі, на великих висотах, де дуже зношуються щітки, а також у воді. Тому вони знайшли широке застосування в кораблебудуванні й авіації. Крім того, такі синхронні машини можуть знайти застосування в хімічній, газовій, вугільній та інших галузях промисловості.

Актуальність проблеми. На сучасних судах у якості основних джерел електроенергії (дизель-, валогенераторів та ін.) використовуються безщіткові синхронні генератори з обертаючими випрямлячами. Тому, особливий інтерес представляє дослідження можливостей використання таких генераторів у режимі двигуна в електромеханічних пропульсивних комплексах. При цьому одним із складних питань є пуск такої машини.

Робота машини в режимі двигуна має ряд особливостей. Як відомо, при пуску синхронного двигуна його обмотка збудження повинна бути замкнутою або накоротко, або на розрядний резистор, який на підсинхронній швидкості вимикається. Спеціальний контактор, який служить для цієї мети у звичайних схемах, одночасно підключає збуджувач до клем обмотки ротора. У деяких випадках допускається глухе приєднання збудника до обмотки ротора.

Очевидно, що в безщітковому двигуні внаслідок односторонньої провідності випрямляча і обертання всієї схеми ніякий з цих способів не може бути застосовний. Тому, розглянемо роботу безщіткового синхронного двигуна (СД), принципова схема якого приведена на рисунку 1.

У схемі розрядний резистор R_p підключається до обмотки ротору за допомогою тиристорів (керованих вентилів) *KVB*.

При пуску позитивна напівхвиля змінного струму обмотки збудження замикається через обертаючий випрямляч *OB*. Після переходу струму через нуль напруга на обмотці збудження різко збільшується і, досягнувши напруги спрацювання кремнієвих стабілітронів *KC*, увімкнених у ланцюги управління *KVB*, призводить до відкриття останніх. Після проходження негативної напівхвилі струму ротора через розрядний резистор керовані вентиля відключаються, процес повторюється з частотою скочування.

На підсинхронній швидкості схема управління, працююча у функції струму статора, подає живлення на обмотку збудження збудника.

Перемичка *AB*, яка з'єднує середню точку резистора R_p з однією з фаз збудника, забезпечує періодичне шунтування кожного керованого вентиля для струмів, що рухаються від випрямляча. Після утягування двигуна в синхронізм керовані вентиля закриваються і відключають розрядний резистор.

Система збудження не має устрою гасіння поля в ланцюзі збудження двигуна і виключає можливість безпосереднього вимірювання струму ротора.

Збудником є трифазний синхронний генератор оберненої конструкції. Унаслідок роботи обмотки якоря на випрямляч струм якоря збудника має несінусоїдальну форму. Вищі гармонічні фазного струму якоря можуть викликати додаткові втрати, особливо в масивному ярмі. Однак дослідження показали, що ці втрати незначні і практично ними можна знехтувати.

Специфічними вимогами, які пред'являються до блоку обертаючих вентилів, є наступні: а) стійкість до дії значних центробіжних прискорень, штовхань і вібрацій;

б) мінімальна вага і габарити; в) відсутність рухливих механічних контактів як у силовому ланцюзі, так і в ланцюгах управління. Захист вентилів від зворотніх перенапруг у таких системах здійснюється застосуванням нелінійних резисторів або тиристорів.

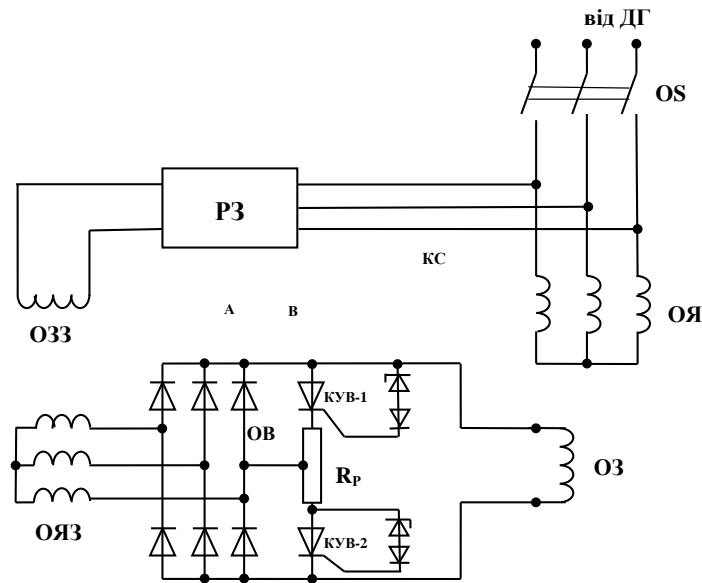


Рисунок 1 – Безщітковий синхронний двигун

Дослідження показали, що за допомогою нелінійних резисторів можливий ефективний захист напівпровідникових статичних систем збудження синхронних двигунів.

При протіканні по резистору перехідного струму ротора в момент пуску має місце повне запирання випрямляча за такої умови:

$$i_p \frac{R_p}{2} > \sqrt{2} E_{\dot{E}},$$

де i_p – миттєве значення від'ємного струму ротора; $E_{\dot{E}}$ – діюче значення лінійної е. р. с. збудника.

У ті моменти часу, коли $i_p \frac{R_p}{2} < \sqrt{2} E_{\dot{E}}$, через резистор протікає струм випрямляча, миттєве значення якого дорівнює

$$i_d = \frac{2\sqrt{3}U_{m\phi} - i_p R_p}{R_p},$$

де $U_{m\phi}$ – амплітудне значення фазної напруги збудника.

Коли струм ротора стає рівним нулю, струм випрямляча через резистор R_p досягає свого максимального значення.

Дослідження, проведені на безщітковому синхронному двигуні, показали, що вже при пусках з трикратним опором у ланцюгу обмотки ротора струмами від збудника через КУВ можна знехтувати. Отже, для кратностей розрядних опорів від трьох і вище вибір КУВ слід проводити за струмом асинхронного режиму.

Таким чином, введення у схему розрядного резистора дозволяє значно зменшити струм через керовані вентиля при пуску і синхронізації і запобігає короткому замкненню випрямляча. Ця обставина дає можливість застосувати безщіткову систему збудження для двигунів з номінальними струмами збудження, приблизно вдвічі перевищуючими тривало допустимі струми найбільш потужних керованих вентилів, які випускаються в теперішній час.

У схемах захисту випрямляча за допомогою КУВ без резистора максимальна напруга на випрямлячі визначається напругою перемикачів цих вентилів, а зворотні напруги вентилів $U_{b_{\max}}$ можна визначити за формулою

$$U_{b_{\max}} = \frac{U_{\dot{E}_{\text{m}}}}{2} + \frac{U_n}{2},$$

де $U_{\dot{E}_{\text{m}}}$ – амплітуда лінійної напруги збудника; U_n – напруга ротора, при якій перемикаються КУВ.

У схемі, що розглядається, максимальна напруга на випрямлячі визначається падінням напруги на резисторі від струму ротора. Для визначення максимальних зворотних напруг на вентилях необхідно дослідним або розрахунковим шляхом визначити максимальні значення струму ротора при пуску.

Як показують дослідження, при пуску синхронних двигунів з замкнутою накоротко обмоткою збудження амплітуда струму ротора не перевищує 1,6 номінального струму збудження. Введення в ланцюг ротора резистора знижує цю величину на (20-40)%.

У початковий момент пуску в струмі ротора виникає аперіодична складова, яка залежить від початкового положення осей обмоток ротора і статора і від моменту вмикання. Максимально можливе початкове значення струму ротора при цьому може бути рівним

$$I_d \cong (1,8 \div 1,6)I_{d\text{н}},$$

де $I_{d\text{н}}$ – амплітуда періодичної складової струму ротора.

Якщо аперіодична складова від'ємна, то цей струм проходить через розрядний резистор і найбільша початкова напруга на вентилі в період пуску визначається наступним чином:

$$U_{b_{\max}} = (1,8 \div 1,6)1,6I_{d\text{н}} \frac{R_j K}{2} = (1,44 \div 1,28)U_{d\text{н}} K,$$

де K – кратність розрядного резистора; R_j – опір обмотки ротора; $U_{d\text{н}}$ – номінальна напруга збудження.

Розглянуті безщіткові синхронні двигуни в теперішній час широко використовуються в різних галузях промисловості як у якості приводу механізмів з постійною частотою обертання, так і як частотно-управляючий електропривод.

Використання напівпровідникових перетворювачів частоти відкриває великі можливості у відношенні формування потрібних статичних і перехідних процесів частотно-керованих синхронних електроприводів. Цей привод має ряд особливостей, не властивих асинхронному електроприводу з частотним управлінням у розімкнутих системах, а саме:

- 1) стабільність кутової швидкості незалежно від моменту навантаження в усьому діапазоні регулювання кутової швидкості;
- 2) висока точність синхронного руху керованих машин з контролем по куту обертаючих осей;
- 3) великі значення моментів на повзучих швидкостях при регулюванні напруги і струму збудження.

У регульованому синхронному електроприводі повинні бути встановлені закономірності, пов'язані з регулюванням частоти змінного струму і внутрішнього кута здвигу. Важливе значення має встановлення законів регулювання електричних параметрів синхронного двигуна при виявленні запасу статичної стійкості.

Електромагнітний момент синхронного двигуна з явно вираженими полюсами

$$M = \frac{3UE}{\omega_0 x_d} \sin \theta + \frac{3U^2}{2\omega_0} \left(\frac{1}{x_q} - \frac{1}{x_d} \right) \sin 2\theta.$$

Цей вираз зручно представити, нехтуючи насиченням, у вигляді

$$M = A \frac{UI_B}{f} \sin \theta + B \left(\frac{U^2}{f} \right) \sin 2\theta,$$

де I_B – струм збудження синхронного двигуна; A і B – постійні величини.

Основні режими управління синхронним двигуном:

1. Регулювання синхронного двигуна при $f = \text{const}$; $U = \text{var}$; $I_B = \text{var}$, є найбільш характерним для нерегулюючого синхронного електроприводу. Формула електромагнітного моменту для цього випадку:

$$M = C_1 UI_B \sin \theta + C_2 U^2 \sin 2\theta,$$

тут $C_1 = A/f$; $C_2 = B/f^2$.

Для характеристики електромеханічних властивостей тут зручно розглядати регулювання синхронного двигуна окремо при $I_B = \text{var}$; $U = \text{const}$ і $I_B = \text{const}$; $U = \text{var}$.

2. Режим частотного регулювання синхронного електроприводу при $U/f = \text{const}$; $I_B = \text{var}$, а значення моменту визначається за формулою:

$$M = C_1 I_B \sin \theta + C_2 \sin 2\theta,$$

де $C_1 = AU/f$, $C_2 = B(U/f)^2$.

3. Режим частотного регулювання синхронного електроприводу при $U = \text{const}$; $I_B = \text{const}$; $f = \text{var}$. Формула електромагнітного моменту:

$$M = \frac{C_1}{f} \sin \theta + \frac{C_2}{f^2} \sin 2\theta,$$

тут $C_1 = AUI_B$; $C_2 = BU^2$.

З формули видно, що при знижених кутових швидкостях (частотах напруги статора) синхронний двигун володіє значним максимальним моментом.

Для синхронних двигунів з явно вираженими полюсами при змінній частоті змінного струму неврахування реактивного електромагнітного моменту (від явнополюсності) призводить до значних погрешностей в оцінці механічних властивостей.

При низьких частотах нехтування активним опором статорної обмотки вносить значні спотворювання в розрахункове значення електромагнітного моменту. Негативний вплив активного опору статора на характеристики синхронного двигуна проявляється в меншому ступені і при відносно нижчих частотах, ніж у випадку асинхронного двигуна, і може бути у якійсь мірі скомпенсований регулюванням збудження.

Частотне регулювання, виступаючи практично єдиним способом регулювання кутової швидкості синхронних двигунів, характеризується в основному такими ж показниками, що і частотне регулювання асинхронних двигунів з короткозамкнутим ротором. Це регулювання плавне економічне двозонне; стабільність швидкості висока (ідеально жорсткі характеристики); допустиме навантаження при постійному збудженні – номінальний момент (у випадку незалежної вентиляції); діапазон регулювання вверх від основної кутової швидкості обмежується механічною міцністю ротора і підшипників; діапазон регулювання вниз з урахуванням ідеальної жорсткості характеристик може бути великим (до $(50 \div 100):1$ і більше) при забезпеченні синусоїдальності напруги, достатнього запасу стійкості і збереженні значення максимального моменту. Синхронний двигун володіє дуже важливою для деяких застосувань властивістю – при подачі в статорні обмотки постійного струму він створює гальмовий момент при нерухомому роторі, чим забезпечує електричну фіксацію ротора в заданому положенні, що дозволяє відмовитись від застосування механічного гальма.

Розглядалий асинхронний пуск синхронного двигуна з демпферною обмоткою в принципі не відрізняється від пуску таких двигунів з закорачуванням їх обмотки збуджування. Тобто, розрахунок їх пускових характеристик може бути виконаний за допомогою схем заміщення по подовжній і поперечній осях, представлених на рисунку 2 а, б.

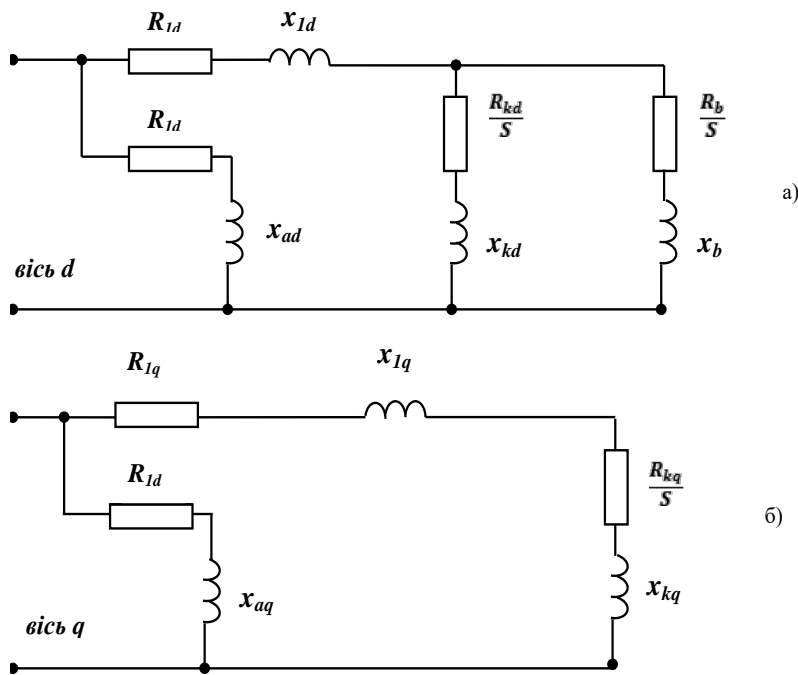


Рисунок 2 – Схеми заміщення синхронного двигуна

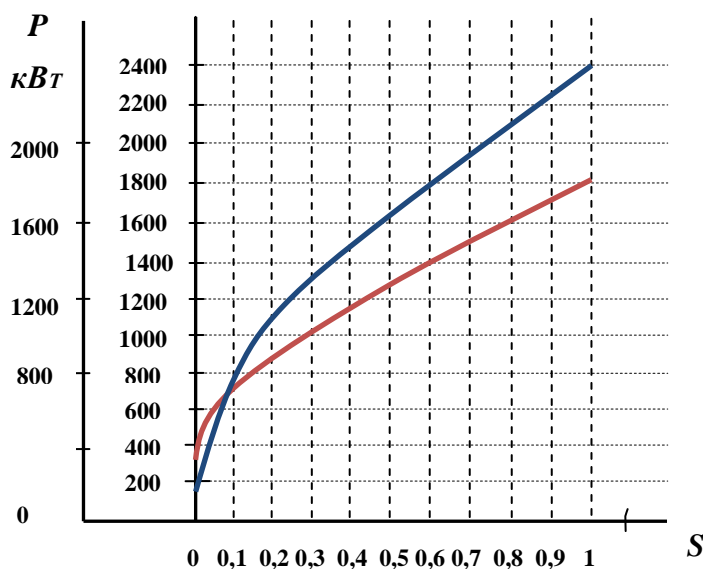


Рисунок 3 – Пускові характеристики СД

Пускові характеристики синхронного двигуна потужністю 500 кВА, розраховані за приведеними схемами, представлено на рисунку 3.

Висновок. Як витікає з приведених характеристик, асинхронний пуск синхронного двигуна відбувається при значних за величиною струмах, що може викликати деякі труднощі при пуску СД від дизель-генератора. У зв'язку з цим, як показує аналіз, доцільно в таких системах використовувати напівпровідникові перетворювачі для частотного управління двигуном, а також для перетворення змінного струму змінної частоти валогенератора в змінний струм постійної частоти.

КОНЦЕПЦІЯ ОРГАНІЗАЦІЙНОЇ БУДОВИ ПРОГРЕСИВНИХ СКЛАДНИХ ДИНАМІЧНИХ СИСТЕМ

Носовський А.М.

Київська державна академія водного транспорту ім. гетьмана
Петра Конашевича-Сагайдачного
(Україна)

Технологія експлуатації різноманітних за призначенням та будовою складних динамічних систем (СДС) має певні загальні риси. Класифікаційна властивість кожної СДС, яка одночасно має індивідуальні та унікальні ознаки, характеризує об'єкт відповідно до визначеного поняття, яке має тлумачення відповідно до певного міжнародного стандарту. Модель живучості технічного побудована з не менш 20 специфічних понять.

Але в технічній літературі існує значне різноманіття варіантів визначень термінів стосовно теорії живучості.

Суттєва неоднозначність, розпливчастість та передбачуваність ситуацій катастрофічного (екстремального, ризикованого) характеру, як наслідок, обумовлюють відсутність єдиної, загальностандартизованої методики оцінки живучості СДС.

Крім того часто зустрічаються майже ототожнення термінів живучості, стійкості, надійності. *Сучасний стан* забезпечення живучості кожної конкретної СДС визначається неефективним розподілом функцій між особами, що приймають рішення.

Мета роботи. Розробка концепції організаційної будови прогресивних СДС з засобами навігації, зв'язку та управління рухом, які здатні підтримувати необхідні рівні функціональної стійкості, надійності та живучості в природно-соціальних умовах дії впливів зовнішніх факторів навколишнього оточуючого об'єкта середовища. Наголос на бажані (стандартизовані) рівні стійкості, надійності та живучості СДС означає суттєве покращення (зниження кількості небажаних аварій) експлуатаційної статистики за повний життєвий цикл роботи технічного (ергатичного) об'єкта сучасної (майбутньої) транспортної системи (космічної, повітряної, наземної, водної, технологічної, спеціальної).

Постановка задачі. Запропонована концепція архітектурного проектування СДС [1, 2] повинна фіксувати шаблонні (типові) рішення стосовно формалізованого опису: будови, структури, взаємодії на зовнішніх та внутрішніх контактних зонах, розподілу функцій та ресурсів у залежності від рівнів стратегічного, тактичного і оперативного прогнозу станів з ризиками загроз від зовнішнього середовища, а також деталізації (уточнення діагностики) дестабілізуючих факторів внутрішнього довкілля, включаючи відмови функціональних елементів (навігації, зв'язку, управління).

Знання-орієнтований базис формалізмів повинен забезпечувати: реальну унікальність (ідентичність) фіксування поточних подій СДС та оточуючого тут і зараз стану середовища на базі конкретних вимірювань; перетворення оригіналів записів у область формальних чітких зображень на базі стандартних символів задачних ситуацій; формального застосування правил виводу для прийняття оперативних рішень з комплексного багатовекторного управління підсистемами, які підтримують у поточних ризикованих умовах рівні функціональної стійкості, надійності та живучості для досягнення цільової термінальної ефективності в цілому, наприклад, системи навігації та управління рухом (СНУР) об'єктами класу AVL.

Основний матеріал. Відношення (R-relation) – це об'єктивні, універсальні категорії, що характеризують взаємозалежні елементи (компоненти, підсистеми) СДС. Практично суттєвими відношеннями СНУР є наступні: між зовнішнім та внутрішнім (об'єктом) середовищами; причинами та наслідками; частинами та цілими; формою та змістом (сутністю); структурою та функцією тощо.

Властивість (P-property) – це категорія, яка визначає якісні ознаки стосовно відношення даної речі до інших (визначених) об'єктів. Шляхом розкриття конкретної

внутрішньої будови та визначення (ідентифікації) організації й структури об'єкта можливо за цими фіксованими даними надавати пояснення існуючих причинно-наслідкових властивостей за допомогою відповідних показників. Такий механізм також дозволяє робити прогноз (ретроспективу) стосовно конкретизації можливості зв'язків між відповідними значеннями розподілених (у просторі та/або часі) параметрів у зафіксованих умовах дії факторів впливу.

Відношення та властивості одночасно характеризують цілісну СДС та розбіжність між проектними характеристиками, які передбачував проєктант на термін експлуатації об'єкта, та фактичними параметрами поточних режимів роботи у заданих умовах дії зовнішнього та внутрішнього середовищ.

Відображення реального об'єкта (object) в сучасних комп'ютеризованих СНУР відбувається шляхом фіксування у пам'яті моделей з метою продуціювання відповідних змін згідно зі знанням функціональних залежностей. Зв'язок двох або n об'єктів – це стійка взаємообумовленість існуючих реальних явищ, що розподілені в просторі та часі. Але типові зв'язки дозволяють встановити математичні закони (функціональні відношення), які дозволяють точно моделювати процеси та поля під час взаємодії між зовнішніми (потоківі та граничні умови) та внутрішнім (заданим фізичними зв'язками) середовищами. Предмет, тема, задача (subject) моделювання СНУР будуть зрозумілими при фіксуванні на єдиній мові повної характеристики цілісного об'єкта.

У реальних умовах життєвого циклу СНУР змінюються як зовнішні, так і внутрішні умови дії вирішальних факторів впливу. Тому поняття та показники цільової спроможності СНУР класифікуємо на 7 рівнях за технологічними етапами процесу її експлуатації.

Перший етап логістичного (ресурсно-енергетичного) забезпечення відбувається у термінальних пунктах, де рухомі об'єкти (vehicles) розвантажують/навантажують та обслуговують, щоб усі 7 рівнів контактної взаємодії відповідали завданню на рейс.

Другий етап планової навігації призначено для забезпечення ефективності місцезнаходження усіх учасників можливих ситуацій у районах та особливо у зонах підвищеного ризику подій (ЗПРП) з аварійними та кризовими наслідками. Даний етап реалізується також під час реалізації маршрутного завдання на конкретний рейс.

Але під час реалізації рейсу можливі небажані, випадкові події та ускладнені ситуації, як у зовнішньому, так і у внутрішньому середовищах. Можлива параметрична варіація параметрів, що контролюються, повинна відбуватися у заданих межах (експлуатаційній трубі). Але у випадкових станах, коли фіксується факт початкового виходу з «трубки», засоби автоматичної стабілізації вводять за час перехідного керованого процесу у задані нормальні межі.

У момент t_0 СДС збурена зовнішнім середовищем зі станом $X_0(x_1, x_2, t_0)$, який характеризується виходом з області заданої трубки $w(t)$. Площа $w(\tau)$ неперервно залежить від тривалості перехідного процесу. Алгоритм підсистеми стабілізації забезпечує відповідний закон.

Усі процеси параметричної стабілізації характеризуємо як етапи забезпечення функціональної стійкості відповідних підсистем СНУР, що якісно працюють у заданих інтервалах варіювання параметрів.

Стрибокподібні події з відключенням/переключенням унаслідок відмов елементів, компонентів, обладнання СНУР швидко трансформуються до нормального режиму, якщо працює відповідно система автоматичного захисту та безаварійності.

Наявність автоматики та подібних елементів заміни розв'язує на всіх 7 рівнях задачі забезпечення надійності за відповідними показниками.

Надійність функціонування СНУР забезпечується шляхом структурної стабілізації з'єднань ключових компонент СДС відповідно до заданого режиму експлуатації та навантаження.

На жаль, досвід експлуатації СНУР свідчить, що об'єкти класу AVL потрапляють у

аварійні, критичні, екстремальні ситуації, які від вищезгаданих відрізняються втратою (вибух, пожежа, руйнування) частки компонент цілісної СДС. Таким чином на борту Vehicle вже суто менш ресурсів, ніж було на початку рейсу. Саме у таких ситуаціях має прояв властивостей живучості, якщо відповідні внутрішні остаточні ресурси та екстрена допомога зовнішніх агентів зможе виконати цільову (лише пріоритетну) задачу. Мета і живучість досягається шляхом використання надлишкових ресурсів, що належать зовнішнім агентам допомоги, або застосування гетерогенних властивостей (інших за фізичними принципами) наявних бортових компонентів, які разом, завдяки реконфігурації та структурно-параметричній модифікації, забезпечили досягнення пріоритетної мети.

У залежності від конкретних кількісних та якісних, параметричних, структурних та гібридно-функціональних збурень, перешкод, завад, шумів, протидій відбуваються реакції підсистем СНУР, що й забезпечують у кожній конкретній ситуації результуючий підсумок з оцінкою ефекту та його показників.

Конкретні компоненти СДС у різних причинних подіях завдяки існуючим відношенням забезпечують фактичні стани, які небажані. Тому розробляються вимоги до майбутніх необхідних характеристик функціонування СНУР у подібних ситуаціях.

Ретельний аналіз впливу дії зовнішніх факторів середовища на СНУР дозволяє визначити причинно-наслідкові взаємозв'язки попередніми і наступними станами під час керування по черзі з координацією підсистем комплексного управління рухом та робочими органами. Задачі координації потребують розв'язання багатьох завдань та забезпечення на 7 рівнях відповідних законів управління для стратегічних, тактичних та оперативних режимів роботи, включаючи рух у ЗПРП.

Комбінований цільовий результат можливо досягати лише шляхом цілеспрямованого розподілу функцій між підсистемами, які забезпечують суто різні задачі: функціональної стійкості у «трубці»; надійності робочих режимів заданого рівня навантаження; гарантування цільового результату за рахунок живучості та взаємодопомоги в екстремальних умовах з частковою втратою певних ресурсів.

Забезпечення фундаментальних властивостей з відповідними показниками функціональної стійкості, надійності та живучості потребує відповідальної організаційно-технологічної будови СНУР, яка забезпечує необхідні характеристики відношень на різних (7) рівнях реалізації електронних технологій єдиної СНУР об'єктів класу AVL. Для цього програмно-апаратні комплекси СНУР повинні відповідати вимогам стратифікації *ijk* модулів з чіткою координацією їх програмно-диспетчерської взаємодії на 7 рівнях відповідно до формально визначених станів, тенденцій, подій, ситуацій та задач гарантовано-адаптивного управління під час змінних умов впливу дій факторів зовнішнього середовища на виконання завдань рейсу за заданим маршрутом руху. Інтегрована система з відповідних ук модулів структурується на програмних та апаратних рівняннях.

Висновки.

1. При проектуванні та експлуатації СДС, наприклад СНУР високошвидкісних транспортних засобів технологічного призначення, на отримання цільових ефектів та відповідних показників ефективності необхідно постійно витратити ресурси для забезпечення гармонійного балансу між усіма системоутворюючими властивостями. Внутрішні властивості характеризують склад, організацію та технологічну взаємодію між входами та виходами багатополісника, який моделює СДС. Зовнішні властивості характеризують контактні процеси на вузлах поєднань відкритої СДС з оточуючим природно-соціальним середовищем, яке завдяки змінним факторам впливу збурює СДС у вигляді майже неперервних суто різномісних перехідних процесів та динамічних подій зі складними обставинами, явищами та наслідками.

2. Організаційна ієрархічна (≥ 7 рівнів) будова СДС відкритого типу орієнтована на вхідне споживання традиційно необхідних ресурсів (речовина, енергія, інформація) для їх внутрішніх перетворень, включаючи засоби навігації, зв'язку та управління, у вихідні

цільові ефекти обумовленої якості, наприклад, безпека життя, комфортність руху, енергоефективність, рентабельність, емергентність.

3. Внутрішня технологічна (≥ 7 рівнів) взаємодія підсистем, компонент, необхідних елементів СДС спрямована на узгодженість та раціональний розподіл функцій між багатоконтурними підмережами, які на кожному з етапів життєвого циклу забезпечують своєчасну якість різномісних процесів від підготовчо-планових до виконавчо-оперативних, які завершуються цільовими термінальними умовами.

Самоорганізація, реконфігурація та визначальна модифікація СДС, як ефективного, цілісного та єдиного організму, що адекватно реагує на різноманітні фактори впливу оточуючого зовнішнього середовища, та логістичних додаткових технологій, які таким чином гарантують існування фундаментальних властивостей:

FS – функціональної стійкості цільових підсистем; **CR** – компонентної надійності ключових елементів; **SV** – операційної живучості упереджаючого інтелекту засобів гарантовано-адаптивного управління.

Триєдина єдність та суттєва функціональна розбіжність між поняттями стійкість, надійність, живучість характеризує існування ефективної спроможності СДС досягати головної мети саме у небезпечних та загрозливих умовах ситуативного збігу обставин у вигляді випадкового аварійного впливу багатьох факторів оточуючого середовища.

При проведенні подальших досліджень доцільно класифікувати форми, види та класи взаємодії засобів функціональної стійкості, надійності та живучості СДС, де шляхом контрольованих причинно-наслідкових процесів почергового ситуаційного й комплексного управління на всіх рівнях та різновидах реагування на змінні фактори впливу навколишнього середовища за рахунок використання наявних фундаментальних ресурсних властивостей досягаються не лише в екстремальних аварійних умовах цільові головні показники ефективності, які різні за пріоритетами відповідно до кожного з інтервалів життєвого й тривалого циклу експлуатації СДС.

ЛІТЕРАТУРА

1. Згуровський М.З. Основи системного аналізу / М.З. Згуровський, Н.Д. Панкратова. – К.: Видавн. група ВИЗ, 2007. – 544 с.

2. Дж. Ванн Гиг. Прикладная общая теория систем: пер. с англ. / Гиг Дж. ван. – М.: Мир, 1981. – 733 с.

ПОСТРОЕНИЕ ИНТЕЛЕКТУАЛЬНЫХ ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ ПРОМЫШЛЕННОГО КОНТРОЛЛЕРА ADAM-5510

Плахтеев А.П., Одерий И.Ю.

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет
(Украина)

Введение. Потенциометрические датчики предназначены для преобразования линейных или угловых перемещений в электрический сигнал, а также для воспроизведения простейших функциональных зависимостей в автоматических устройствах непрерывного типа.

Актуальность. Потенциометрические датчики углов Megatron, потенциометрические датчики расстояния Honeywell, Burster и др. находят широкое применение в автомобилях, машинах и механизмах, робототехнических комплексах, промышленном оборудовании и других областях. Они обладают большим сроком службы (до 50 млн. операций), защитой от внешних воздействий IP50 и IP65, широким диапазоном угловых (270° - 360°) и линейных (25-900 мм) перемещений. Однако, допуск на сопротивление составляет $\pm(5-20)\%$, а допуск на линейность – $\pm(0,1-3)\%$ и в ряде приложений замена датчиков требует проведения операций калибровки.

В настоящее время потенциометрические датчики становятся интеллектуальными благодаря предварительной обработке исходного сигнала при определении значения измеряемой величины (перемещения, уровня и т.д.) встроенными микроконтроллерами и микропроцессорами. Интеллектуальные датчики не требуют калибровки и могут иметь цифровой унифицированный интерфейс. Но такие датчики значительно сложнее в применении и обслуживании, а также имеют значительную стоимость.

При использовании промышленных контроллеров с блоками АЦП можно упростить конструкцию датчика и возложить обработку сигнала на ЦП.

Постановка задачи. В статье рассматривается аппаратная реализация многоканальных потенциометрических датчиков для промышленного контроллера ADAM-5510 и программные средства обработки сигналов.

Потенциометрические датчики имеют типовые схемы включения (рис. 1).

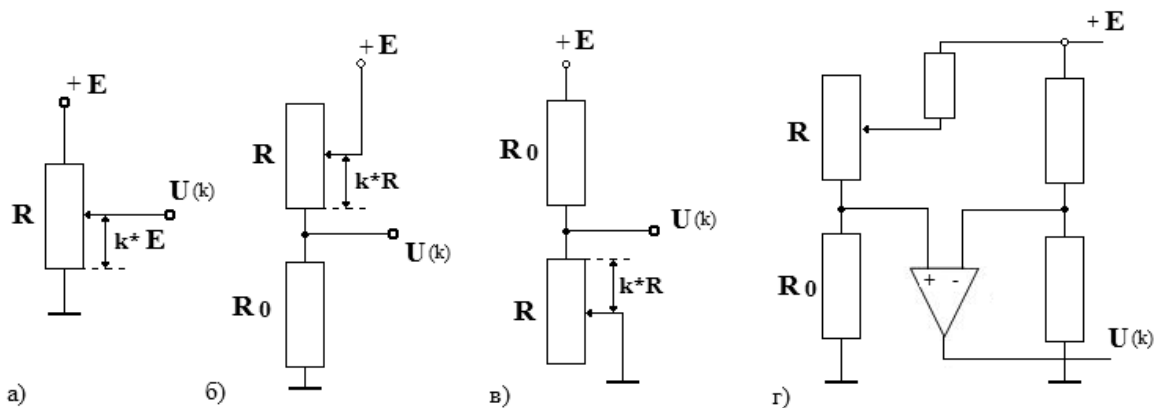


Рисунок 1 – Типовые схемы включения потенциометрических датчиков

На рисунке 1 а показана стандартная схема включения потенциометрического датчика. Схема может использоваться для решения различных задач регулирования, управления и т.д. Напряжение данной схемы определяют по формуле:

$$U(k) = \frac{E * k * R}{R} = E * k, \quad (1)$$

где: $k=0...1$ – коэффициент, характеризующий угловое или линейное положение датчика; E – опорное напряжение питания датчика; R – номинальное сопротивление датчика.

Схемы включения (б) и (в) применяются при построении реостатных датчиков (давления, температуры и т.д.). Зависимости напряжения U соответственно (2) и (3) выглядят следующим образом:

$$U(k) = \frac{E * R_0}{R_0 + k * R} \quad (2)$$

$$U(k) = \frac{E * k * R}{R_0 + k * R} \quad (3)$$

На рисунке 2 а приведен вид зависимости (1) для датчиков с линейной 1 и нелинейной 2, 3 характеристиками. На рис. 2 б приведен вид зависимости (2) для датчиков с линейной 1 и нелинейной 2 характеристиками, и вид зависимости (3) для датчиков с линейной 3 и нелинейной 4 характеристиками. Поскольку разброс параметров датчиков является случайной величиной, то аналитическое описание зависимостей затруднительно. На практике применяется табличное описание зависимостей с постоянным или переменным шагом.

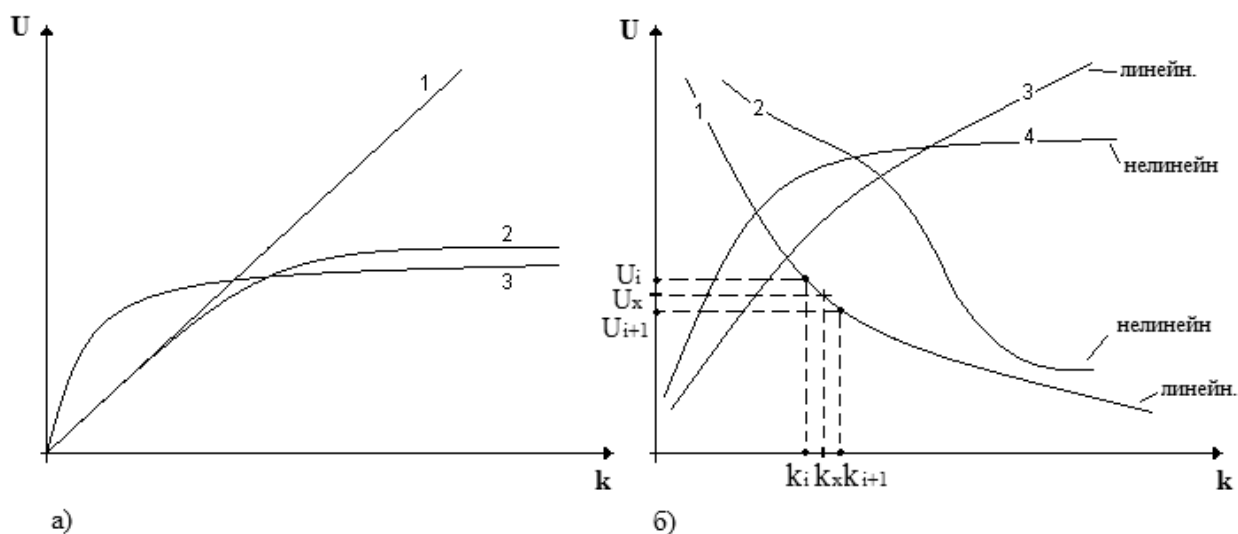


Рисунок 2 – Выходные характеристики

Мостовая схема с операционным усилителем (рис. 1 г) применяется для измерения малых изменений напряжения. Данная схема значительно усложняет конструкцию и настройку датчика. При использовании интеллектуальных датчиков задача обработки малых изменений возлагается на высокоточный АЦП.

В состав модулей контроллера ADAM-5510, входит 16-разрядный 8-канальный модуль аналогового ввода ADAM-5017 как периферийный для процессорного модуля на основе 16-разрядного микропроцессора RDC 8800. Контроллер ADAM-5510 имеет 4 слота для периферийных модулей, объединенных системной шиной. Схема сопряжения датчика (Д) с модулем показана на рисунке 3.

Процессорный модуль в соответствии с алгоритмом функционирования, заложенным в программу, обращается к ADAM-5017 и считывает сигналы с датчиков. По полученному коду преобразования вычисляется измеряемый параметр с использованием табличного представления функций.

Результаты исследований.

Решаемые задачи:

- фиксированная таблица из n точек;
- аппроксимация (линейная, полиномиальная, сплайн-аппроксимация);
- элементы обучения, ввод таблицы по заданным точкам.

Табличное описание зависимости $U(k)$ для потенциометрического датчика представляет собой набор точек G :

$$G = \{ \langle k_0, U_0 \rangle, \langle k_1, U_1 \rangle, \dots, \langle k_i, U_i \rangle, \dots, \langle k_{N-1}, U_{N-1} \rangle \}, \quad (4)$$

где k_i – положение, U_i – значение сигнала, N – число точек в таблице.

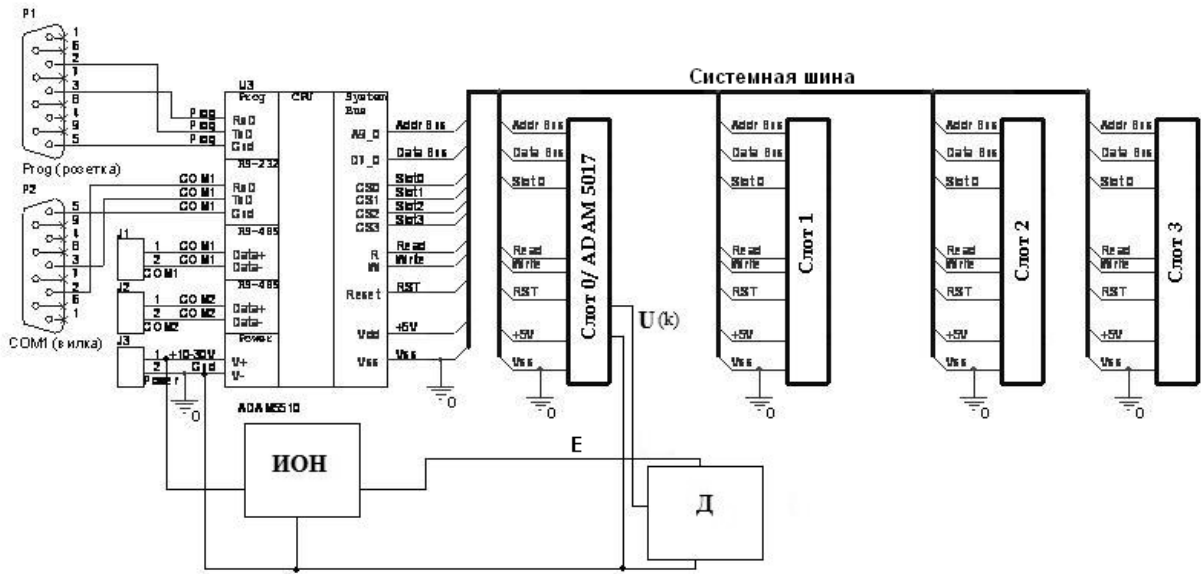


Рисунок 3 – Схема сопряжения потенциометрического датчика с контроллером ADAM-5510

Таблица 1 – Зависимость значений напряжения и угла поворота

U, В	0	0	0,05	0,25	0,43	0,65	0,82	0,99	1,17	1,37	1,58	1,74	1,92	2,09	2,28	2,48
Град, °	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150

Продолжение таблицы 1 – Зависимость значений напряжения и угла поворота

U, В	2,64	2,82	2,99	3,18	3,32	3,52	3,71	3,89	4,08	4,27	4,48	4,68	4,87	4,99	5
Град, °	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300

Число точек нелинейной функции, по которой в дальнейшем будут находиться все остальные точки, шаг расположения точек зависит от вида функциональной зависимости. В таблице 1 показана зависимость изменяющегося напряжения от угла поворота.

Для нахождения промежуточных значений используется линейная, полиномиальная или сплайн аппроксимация.

При линейной аппроксимации приближение строится с помощью линейных функций. Нелинейная характеристика может быть описана линейными уравнениями с постоянными (в пределах каждого отрезка) коэффициентами (рис. 2 б).

$$k_x = \frac{U_i + (U_{ex} - U_{i+1})}{U_i - U_{i+1}}, \quad (5)$$

В многоканальных датчиках с последовательным опросом необходимо наличие устройств выборки-хранения (УВХ) для запоминания текущего состояния датчиков, как показано на рисунке 4.

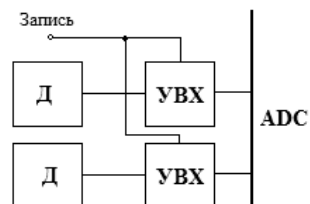


Рисунок 4 – Подключение датчиков через УВХ к АЦП

Для считывания и обработки сигналов, поступающих от датчиков, была разработана программа в среде Turbo C по алгоритму, представленному на рисунке 5. Все получаемые значения угла поворота выводятся на периферийное устройство в виде двухразрядного индикатора.

Из алгоритма опроса датчика можно увидеть, что значения сохраняются в таблице, после чего происходит выполнение цикла опроса датчика.



Рисунок 5 – Алгоритм опроса датчика

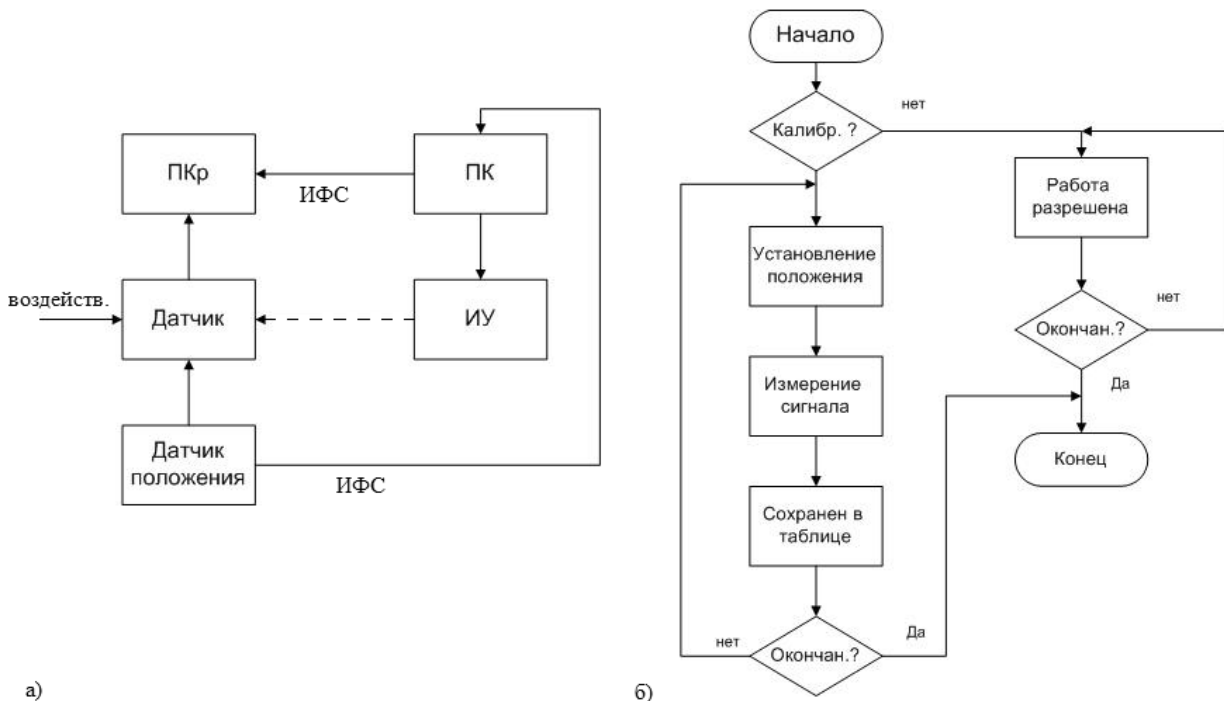


Рисунок 6 – Схема и алгоритм проведения калибровки

Потенциометрические датчики по сравнению с цифровыми высокоточными датчиками значительно проще и меньше по стоимости. Они могут использоваться как дублирующие для цифровых датчиков в различных механизмах, станках и пр. При выходе из строя цифрового датчика можно использовать соответственно потенциометрический датчик. Кроме того, потенциометрические датчики позволяют контролировать исправность основного цифрового датчика. При замене потенциометрического датчика требуется повторная калибровка схемы и алгоритма, которая представлена на рисунке 6.

Выводы. В результате проведения исследований было осуществлено сопряжение потенциометрического датчика с промышленным контроллером ADAM-5510. Программные модули могут быть использованы для построения многоканальных потенциометрических датчиков.

ЛИТЕРАТУРА

1. ADAM-5510 PC совместимый промышленный микроконтроллер: Руководство пользователя. – ProSoft. Ltd, 1997. – 165 с.
2. Аш Ж. и соавторы. Датчики измерительных систем: В 2-х книгах. Кн. 1. Пер. с франц. – М.: Мир, 1992. – 480 с.

ПРОБЛЕМЫ, СДЕРЖИВАЮЩИЕ ШИРОКОЕ ВНЕДРЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ЗАЩИТЫ ПОДВОДНОЙ ЧАСТИ КОРАБЛЕЙ И СУДОВ ОТ КОРРОЗИИ

Стогний Г.В., Кузьмин Ю.Л., Выхристюк П.Н. Казаренко В.Н.
Академия ВМС Украины им. П.С. Нахимова
(Севастополь, Украина)

Активность развития скоростного движения на железнодорожном и автомобильном транспорте вызывает необходимость широкого обсуждения такой важной задачи, как возрождение скоростного, современного флота. Согласно транспортной теореме, страна сохраняет единство, если скорость развития инфраструктуры превышает темпы экономического роста её регионов. В противном случае в экономике регионов наступает автаркия. А в условиях географического расположения нашей страны и её морскими коммуникациями могут возникнуть серьёзные проблемы.

Условия базирования и эксплуатации кораблей и судов ВМС ВС Украины связаны в основном, с акваториями Черного и Средиземного моря, имеющих свои особенности несколько отличные от плавания в Мировом океане. В первую очередь, среда, в которой они эксплуатируются, имеет свои характеристики: солёность океанской воды превышает 35%, а Черного моря – около 16% несколько выше в Средиземном. Кроме того наличие зон сероводорода в Черном море также имеет свое влияние на все средства защиты от коррозии, поэтому все это необходимо учитывать при внедрении электрохимической защиты подводной части корпусов кораблей и судов от коррозии в Черном и Средиземном морях. При расчете электрохимической защиты кораблей и судов от морской коррозии необходимо знать критерии эффективности защиты, за которые принимаются минимальные значения электродного потенциала металла (сдвига потенциала от стационарного значения), когда коррозия либо полностью прекращается, либо уменьшается до допустимых пределов. Величина минимального защитного сдвига потенциала может быть установлена, исходя из зависимостей скорости коррозии металла от величины его потенциала в условиях катодной поляризации. Аналитический расчет этих зависимостей крайне затруднен, так как на величину защитного потенциала влияет много факторов (скорость обтекания, состав и температура коррозионной среды, химический состав и структура металла, состояние его поверхности, технологические факторы обработки металла, активность ионов, металла и pH в приэлектродном слое, вторичные процессы, связанные с выпадением катодного осадка и др.), большинство из которых учесть в расчетах не представляется возможным. Часть из них (например, активность ионов металла и pH среды в приэлектродном слое), как правило, неизвестны. Поэтому единственно достоверным методом установления искомых зависимостей являются экспериментальные исследования.

Для количественной оценки эффективности защиты обычно вводится понятие степени защиты (P), которая выражается в процентах и определяется соотношением

$$D = \frac{\hat{E}_0 - \hat{E}_3}{\hat{E}_0} 100\%, \quad (1)$$

где K_o – скорость коррозии незащищенного металла; K_c – скорость коррозии металла при его электрохимической защите.

Корпуса современных морских судов в целях уменьшения их веса и металлоемкости обычно изготавливают из низколегированных сталей повышенной прочности. Судостроительная сталь не является идеальным материалом для корпусов судов, так как подвержена коррозии. В мировом судостроении непрерывно ведутся поиски лучшего материала, более дешевого, лёгкого и стойкого. Однако на корпуса судов по-прежнему идёт только сталь. Сталь в настоящее время и в обозримом будущем

остається вне конкуренции, по крайней мере если речь идёт о корпусах крупных кораблей и судов. А это, в свою очередь, требует усиленных поисков решений, направленных на то, чтобы ограничить коррозию стали. В отечественном судостроении для этой цели наиболее широко используются низколегированные стали марок 09Г2 и 10ХСНД с гарантированным пределом текучести соответственно 30 и 40 кг/мм². Влияние электрохимической защиты на скорость коррозии этих сталей в морской воде до настоящего времени достаточно не исследовалось.

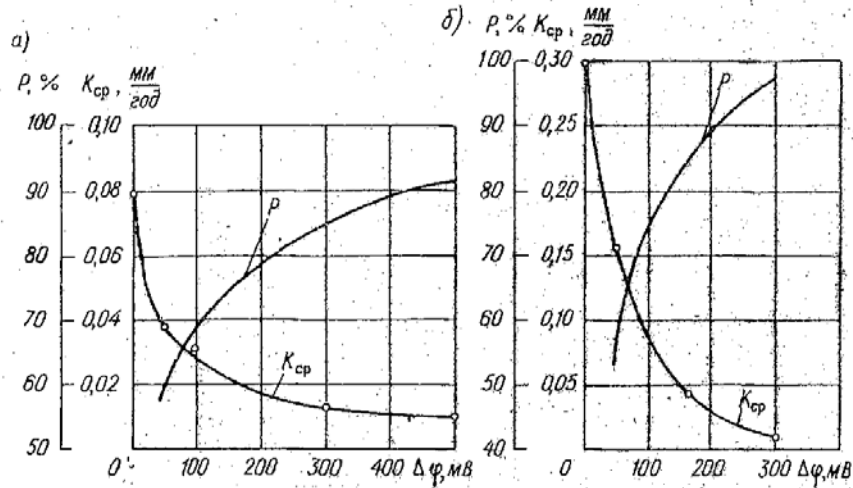


Рисунок 1 – Зависимость средней скорости коррозии (K_{cp}) и степени защиты (P) стали марки 09Г2 от сдвига потенциала, при электрохимической защите в спокойной (а) и движущейся со скоростью 10 м/с (б) морской воде.

Было распространено мнение, что по электрохимическому поведению, так же как и по коррозионной стойкости, низколегированные стали не отличаются от углеродистых. Однако в более поздних исследованиях было установлено и подтверждено опытом эксплуатации, что некоторое отличие все же имеет место, особенно если учесть влияние технологических факторов. Так было установлено, что в зоне термического влияния, сварных швов для марганцовистой стали высокого сопротивления чрезвычайно важно в целях обеспечения хорошей электросварки низкое содержание углерода. При содержании углерода примерно 0,22% получить сталь высокого сопротивления с присадкой одного марганца, обладающую всеми нужными качествами, не только высоким временным сопротивлением, но и хорошей ударной вязкостью, затруднительно, когда содержание марганца в чисто марганцевой стали будет превышать известные нормы. Например, при содержании марганца около 2% марганцевая сталь будет хрупка и для судостроения мало пригодна, то же относится и к кремнистой стали, если содержание в ней кремния будет больше 1%. Выходом из положения являются сложные стали типа хромансиль и хромадор, где в состав стали при малом содержании углерода входят марганец, кремний, хром, медь, причём в любом типе таких сталей содержание каждого из указанных элементов сравнительно невелико.

Вопрос о выработке наиболее подходящего типа стали высокого сопротивления для судостроения неоднократно обсуждался на совещаниях НИТО металлургов, и на одном из заводов были проведены исследовательские работы над целым рядом опытных плавок разных составов при содержании углерода, учитывая условия электросварки не выше 0,22% и примесей: марганца не свыше 1,4 %, кремния 0,8%, хрома 0,75%, меди 0,6% ванадия 0,2%. В настоящий момент судостроение использует марганцевую сталь как сталь высокого сопротивления, но имеется в виду, снижая содержание углерода, перейти к типу стали, более сложной по своему составу и обладающей нужной величиной временного сопротивления 60-75% и предела текучести 40 кг/ммг при удовлетворительности технологических свойств, хорошей обрабатываемости и невысокой цене. С учётом вышеуказанных требований к судостроительным корпусным материалам в отечественном

судостроении широкое применение получили стали марок 09Г2 и 10ХСНД, в которых имеет место электрохимическая гетерогенность поверхности, вызванная структурными превращениями металла в околошовной зоне и приводящая к глубоким подрезам основного металла вдоль сварного шва. Это явление привело к интенсивным коррозионным разрушениям сварных соединений на подводной части корпуса из стали 09Г2 и показало необходимость дополнительного изучения коррозионного поведения и параметров электрохимической защиты низколегированных сталей. С этой целью были проведены экспериментальные исследования зависимостей скорости коррозии от сдвига потенциала при электрохимической защите низколегированных сталей марок 09Г2 и 10ХСНД в спокойной и движущейся морской воде.

Исследования стали марки 09Г2 проводились на плоских сварных образцах со стыковым швом. Сварка выполнялась электродами марки УОНИ-13/45А с погонной энергией 800-1500 кал/см, при которой, как показали исследования, имеет место наибольшая скорость коррозии зоны термического влияния. Усиление сварного шва снималось строжкой заподлицо с основным металлом. Поверхность образцов шлифовалась с чистотой не ниже седьмого класса. Скорость коррозии контролировалась по потерям массы с точностью 0,1 мгм и пересчитывалась на линейную скорость коррозии. Испытания в покое проводились в естественной черноморской воде при постоянном погружении образцов из низколегированных сталей марок 09Г2 и 10ХСНД размерами 150x30x2 мм в спокойной и движущейся морской воде. Температура воды при испытаниях составляла 18-20°C, содержание кислорода – 9-11 мг/м, рН – 8-8,5. Продолжительность испытаний составляла 3000 ч. Катодная поляризация образцов осуществлялась при сдвиге потенциала от стационарного значения 50, 100, 200, и 400 мВ. Для контроля исходной скорости коррозии испытывались также образцы без электрохимической защиты. Потенциал незащищённых образцов составлял в среднем 675 мВ по отношению к пористому хлорсеребряному электроду сравнения, используемому в настоящей работе при всех измерениях потенциалов. На каждом режиме испытывалось по три параллельных образца. Полученные результаты показывают, что линейная скорость средней коррозии (проницаемости) незащищённого металла составляет около 0,08 мм/год, т. е. находится в пределах, характерных для морской коррозии углеродистой стали (0,07-0,12 мм/год. Катодная поляризация при сдвиге потенциала 50 мВ уменьшает скорость коррозии вдвое, а при сдвиге потенциала 200 мВ и более скорость коррозии уменьшается в 5-7 раз. Осмотр образцов после испытаний показал, что, как и следовало ожидать, наибольшие коррозионные поражения незащищённых образцов находятся в зоне термического влияния сварных швов. Скорость максимальной коррозии, установленная по глубине поражений, достигла на этих участках 0,3 мм/год. На защищённых образцах зона термического влияния практически не выделилась. Оставшаяся на них незначительная коррозия имела равномерный характер и её скорость не превышала 0,01 мм/год. При сдвиге потенциала 100 мВ степень защиты составила около 75%, а скорость коррозии 0,025 мм/год.

Исследования электрохимической защиты сварных образцов из стали марки 09Г2 в движущейся морской воде проводились на специальной установке для ускоренных испытаний. Образцы размером 200x80x6 мм и с закреплёнными на них электродами сравнения устанавливались неподвижно по периметру круглого бака, заполняемого проточной морской водой. Вращение воды осуществлялось от электродвигателя с линейной скоростью обтекания поверхности образцов 10 м/с. Испытания продолжались в течение 500 ч при температуре 30-35°C. Катодная поляризация осуществлялась от аккумулятора, подключенного через регулировочные сопротивления к анодам из алюминиевого сплава, установленным внутри бака аналогично образцам. Сдвиг потенциала для образцов с электрохимической защитой задавался равным 50, 150 и 300 мВ. На каждом режиме испытывалось по три образца. Параллельно в качестве контрольных испытывались три образца без электрохимической защиты. Результаты

испытаний (рис. 1, б) показали, что средняя скорость коррозии незащищенных образцов, определенная по весовым потерям, составила 0,3 мм/год, т. е. более чем втрое превысила среднюю скорость коррозии в спокойной морской воде. Сдвиг потенциала на 100 мВ обеспечивает степень защиты около 75%, а скорость оставшейся коррозии составляет 0,08 мм/год. При сдвиге потенциала свыше 200 мВ скорость коррозии уменьшается до 0,015 мм/год, а степень защиты увеличивается до 95%. Осмотр поверхности образцов после испытаний показал, что у защищенных образцов оставшаяся незначительная коррозия имеет равномерный характер, а у незащищенных образцов наблюдается неравномерная язвенная коррозия, особенно в зоне влияния сварных швов, где максимальная скорость (по глубине наибольшего разрушения) достигает 3 мм/год.

В развитие ранее выполненных исследований образцы из низколегированной стали марки 10ХСНД испытывались в естественной черноморской воде на специальной установке, создающей возможность обтекания образцов прямолинейным потоком со скоростью 7 м/с. Испытывались плоские круглые образцы диаметром 55 мм. Степень защиты контролировалась по весовым потерям, а также по глубине максимальных коррозионных поражений, измеряемых индикатором. Испытания проводились при сдвигах потенциала 50, 100, 150, 200 и 250 мВ. На каждом режиме испытывалось от 3 до 5 параллельных образцов и результаты усреднялись. Продолжительность испытаний 240 ч. Температура воды в процессе испытаний составляла 10-20° С. Учитывая, что низколегированные стали, как и большинство судостроительных металлов, корродируют в морской воде неравномерно, при исследованиях стали марки 10ХСНД наряду со средней скоростью коррозии, определяемой по весовым потерям, устанавливалась скорость максимальной коррозии, определяемая по глубине наибольших коррозионных поражений.

Результаты исследований электрохимической защиты стали марки 10ХСНД (рис. 2 и 3) доказали, что при сдвиге потенциала 100 мВ средняя скорость коррозии в спокойной и движущейся морской воде составляет соответственно 0,007 и 0,11 мм/год, а скорость максимальной коррозии соответственно 0,07 и 0,3 мм/год. Степень защиты металла во всех этих случаях превышает 75%. При сдвиге потенциала 200 мВ степень защиты от средней и максимальной коррозии в спокойной и движущейся морской воде превышает 90%.

При этом в спокойной воде металл практически перестаёт корродировать, а в потоке средняя и максимальная скорости коррозии соответственно 0,06 и 0,09 мм/год. Следует обратить внимание, что степень неравномерности коррозии, определяемая отношением скорости максимальной коррозии к скорости средней коррозии, для незащищённых образцов 2-5, а при электрохимической защите со сдвигом потенциала свыше 200 мВ стремится к 1,0, т.е. сохраняющаяся при этом незначительная коррозия носит практически равномерный характер.

Таблица 1 – Влияние катодной поляризации на скорость коррозии стали 10 ХСНД в движущейся со скоростью 10 м/с синтетической морской воде океанского состава

Среднее значение потенциала образцов, мВ	Сдвиг потенциала при катодной поляризации, мВ	Потери в массе за 500 ч испытаний, г	Линейная скорость коррозии (по потерям массы), мм/год	Степень защиты, %
570	Без поляризации	1,40	0,240	-
650	80	0,17	0,029	88
720	150	0,15	0,025	90
860	290	0,11	0,019	93

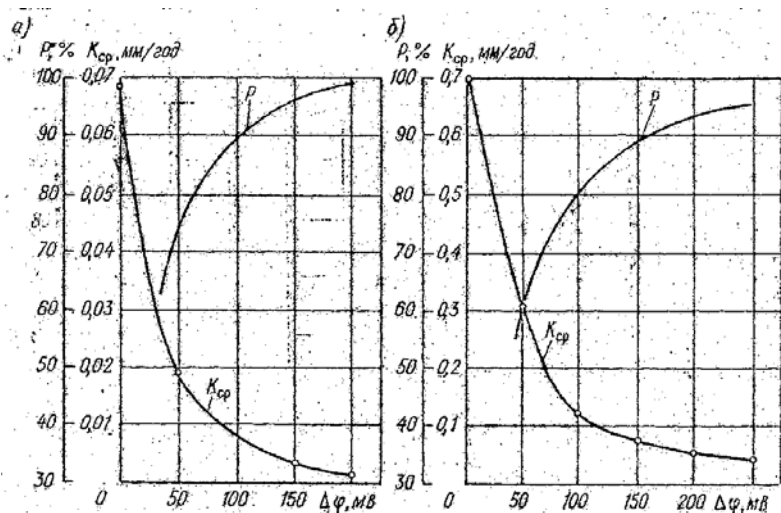


Рисунок 2 – Зависимость средней скорости, коррозии (K_{cp}) и степени защиты (P) стали марки 10XCHD от сдвига потенциала при электрохимической защите в спокойной (а) и движущейся со скоростью 7 м/с (б) морской воде

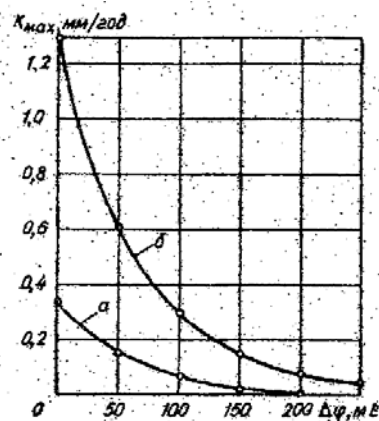


Рисунок 3 – Зависимость максимальной скорости коррозии стали марки 10XCHD от сдвига потенциала в спокойной (а) и движущейся со скоростью 7 м/с (б) морской воде

Сварные образцы из стали марки 10XCHD испытывались на лабораторной установке с движущейся со скоростью 10 м/с синтетической морской водой среднего океанского состава. Испытания проводились по методике, аналогичной испытаниям образцов из стали 09Г2. Результаты испытаний (табл. 1) в части эффективности электрохимической защиты подтвердили данные стендовых испытаний в естественной черноморской воде, однако абсолютные значения скорости коррозии незащищённых образцов оказались примерно в 2,5 раза меньше, чем в стендовых условиях.

В целях установления влияния солёности воды на эффективность электрохимической защиты были проведены испытания образцов из стали марки 10XCHD в спокойной морской воде с солёностью от 0,2 до 35%. Испытания проводились на гладких образцах продолжительностью 90 суток. Скорость коррозии контролировалась по весовым потерям и пересчитывалась на линейный показатель. Результаты испытаний показали, что солёность морской воды не влияет на эффективность электрохимической защиты при заданном сдвиге потенциала. Скорость коррозии незащищённых образцов в исследуемом диапазоне солёности составляет 0,040-0,067 мм/год, а при сдвиге потенциала 200 мВ не превышает 0,00.1 мм/год при степени защиты около 98%.

Полученные результаты испытаний низколегированных сталей марок 09Г2 и 10XCHD в спокойной и движущейся морской воде различной солёности показывают, что при сдвиге потенциала 100 мВ во всех случаях обеспечивается степень защиты не менее 76%, а скорость оставшейся коррозии, имеющей, как правило, равномерный характер, не

превышает 0,1 мм/год. Для практически полного прекращения коррозии металла (степень защиты более 95%) сдвиг потенциала при электрохимической защите должен быть не менее 200 мВ.

Таблица 2 – Зависимость средней скорости коррозии (K_{cp}) и степени защиты (P) углеродистой стали марки Ст4С от сдвига потенциала при электрохимической защите в морской воде

Сдвиг потенциала, мВ	Условия испытаний											
	В спокойной синтетической морской воде		На шпиндельном аппарате в синтетической морской воде при скорости обтекания, м/сек								На трубном стенде в Черном море при скорости обтекания 7 м/сек	
			4		8		12		16			
	K_{cp} , мм/год	P , %	K_{cp} , мм/год	P , %	K_{cp} , мм/год	P , %	K_{cp} , мм/год	P , %	K_{cp} , мм/год	P , %	K_{cp} , мм/год	P , %
0 (без электрохимической защиты)	0,070	-	0,52	-	0,63	-	0,95	-	1,35	-	0,93	-
50	0,008	88	0,13	75	0,31	50	0,37	61	0,64	53	0,20	78
100	0,005	93	0,07	86	0,15	76	0,15	84	0,25	82	0,10	89
150	0,0025	96	0,05	90	0,07	90	0,07	93	0,09	93	0,07	92
250	0,0020	98	0,002	96	0,002	96	0,002	98	0,005	97	0,004	96

Примерно такие же результаты были получены ранее при исследованиях электрохимической защиты углеродистой стали марки Ст4С в морской воде черноморского состава. В табл. 2 приведены обработанные нами результаты этих исследований, выраженные в виде зависимостей средней скорости коррозии (по весовым потерям) от сдвига потенциала. Продолжительность испытаний в потоке составляла 125 ч, а в спокойной воде 32 суток. Приведенные данные показывают, что при сдвиге потенциала 100 мВ степень защиты углеродистой стали во всех исследованных случаях превышает 75%, а скорость оставшейся коррозии зависит от скорости обтекания и изменяется от 0,005 мм/год в спокойной воде до 0,25 мм/год при скорости обтекания 16 м/с. При увеличении сдвига потенциала степень защиты превышает 95%, а скорость коррозии не превосходит 0,05 мм в год.

На основе результатов проведенных исследований были установлены *минимальные* критерии электрохимической защиты корпусов стальных судов от морской коррозии. При расчетах автономных систем протекторной и катодной, защиты с протекторами и анодами, стационарно устанавливаемыми на обшивке корпуса, учитывая имеющую в этих случаях неравномерность распределения тока и потенциала, в качестве минимального защитного сдвига потенциала принята величина 100 мВ. Этот сдвиг потенциала должен реализоваться в конце междудокового периода эксплуатации в наиболее удаленных от протекторов, и анодов участках поверхности корпуса, обеспечивая степень их защиты от коррозии не менее 75%, и скорость оставшейся равномерной коррозии не более 0,1 мм/год, что является допустимым, исходя из срока службы морских судов 20-25 лет без необходимости выполнения ремонтных работ по корпусу, вызываемых морской коррозией. На всей остальной подводной поверхности корпуса по мере приближения к протекторам или к анодам в течение всего периода эксплуатации сдвиг потенциала будет больше 100 мВ, а степень защиты близка к 100%.

В системах электрохимической защиты судов, эксплуатируемых на стоянках, где

применяются подвесные аноды, или протекторы, удаляемые от корпуса на расстояние 5-7 м и более, обычно имеет место высокая степень равномерности распределения тока и потенциала. Поэтому при расчетах таких систем в качестве оптимального сдвига потенциала принимается величина 200 мВ, которая реализуется на всей подводной поверхности корпуса.

Проведенные экспериментальные исследования показали, что электрохимическая защита обеспечивает подавление коррозии низколегированных сталей и их сварных соединений в спокойной и движущейся морской воде различной солености. Степень защиты металла зависит от сдвига потенциала и составляет 75% при сдвиге потенциала 100 мВ, при этом оставшаяся коррозия носит равномерный характер, а ее скорость во всех случаях не превышает 0,1 мм/год. Для практически полного прекращения коррозии при степени защиты более 95% сдвиг потенциала должен быть не менее 200 мВ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Костров В.Н., Минеев В.И., Коновалов М.С. Организационно-экономические аспекты. // Судостроение. – 2010. – № 4.
2. Андреев С.Б., Головченко В.С., Горбач В.Д., Руссо В.Л. Основы сварки судовых конструкций. // Судостроение. – 2006.
3. Кузьмин Ю.Л., Выхристюк П.Н., Якубенко А.Р. Критерии электрохимической защиты от коррозии в морской воде низколегированных сталей. // Технология судостроения. – 1975. – № 8.
4. Пирогов В.Д., Кузьмин Ю.Л., Выхристюк П.Н. Электрохимическая антикоррозийная защита судов. // Судостроение. – 1973. – № 1.
5. Суда и судоходство будущего: Перевод с немецкого Плёнкина Ю.А. // Судостроение. – 1981.
6. Кузьмин Ю.Л. Расчёт систем катодной защиты судов от коррозии. // Судостроение. – 1972. – № 5.

КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ДИНАМИКИ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ БОЛЬШОГО ПАРУСНОГО СУДНА

Товстокорый О.Н.
Одесская национальная морская академия
(Украина)

Постановка проблемы. В последнее время количество парусных судов в мире увеличилось. Этому в значительной мере способствует истощение природных ресурсов, в первую очередь источников энергии. Поиск альтернативных источников энергии на морском транспорте приводит к использованию энергии ветра и строительству парусных судов, в том числе и больших парусных судов, используемых как грузовые и круизные. При маневрировании под парусами маневренные характеристики отличаются от

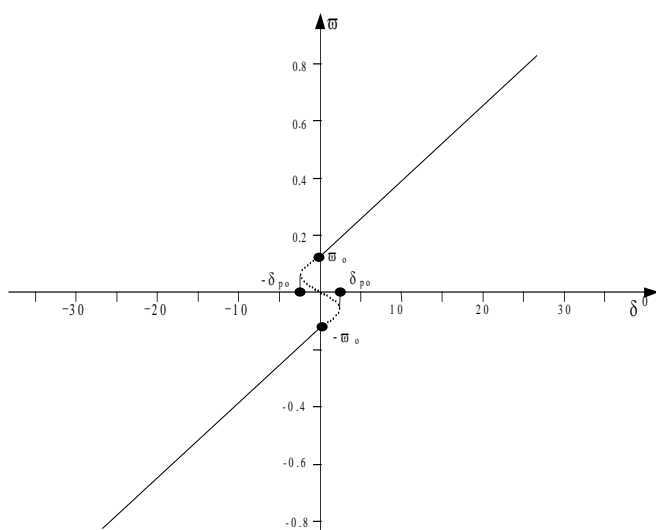


Рисунок 1 – Диаграмма управляемости

аналогичных под машиной. Одним из разделов маневренных характеристик является управляемость, а исследование зоны неустойчивости диаграммы управляемости большого парусного судна и проведение ее качественного анализа может дать ответ о характере управляемости большого парусного судна.

разработаны недостаточно. Причиной тому является отсутствие надлежащих нормативных документов, как национальных, так и международных, в которых было бы четко определено содержание и форма представления данных о динамических свойствах судна, как объекта управления для эксплуатационных нужд.

Анализ последних достижений. В работе А.Д.Гофмана [1] приведены результаты исследования начального участка статической характеристики судна при криволинейном движении. Особенностью начального участка является отсутствие падения скорости при рыскании и малые углы дрейфа от поворота. В работе [2] отмечено, что методы получения знаний о маневренных характеристиках судна

Для характеристики поворотливости судна в период циркуляции используют диаграмму управляемости [1], которую представляют обычно в виде зависимости $w(\delta)$, приведенную на рис. 1.

Диаграмма управляемости теоретически обладает симметрией, однако на практике она изменяется из-за наличия боковой силы винта, обусловленной неравномерностью попутного потока. Поведение судна при движении постоянным курсом определяется видом начального участка диаграммы управляемости. Область неустойчивости существует вблизи начала диаграммы и определяется величинами угла обратной перекадки руля $\pm \delta_{\partial i}$ и угловой скорости обратной поворотливости w_i , а значение $\pm \delta_{\partial i}$ рассчитывается по формулам, приведенным в работе [1].

В работе [2] приведена классификация маневренных характеристик, включающую в себя характеристики устойчивости как составную часть характеристик управляемости.

Все вышеупомянутые исследования проводились для судов, приводимых в движение механической установкой. Для парусных судов подобная работа не проводилась.

Цель статьи. Целью настоящей статьи является проведение качественного анализа динамики управления БПС при малых перекадках руля с использованием математического аппарата теории ветвления нелинейных дифференциальных уравнений [3].

Изложение основного материала исследования. Процесс исследования динамики управления движением судна, в частности БПС, представляет собой качественный анализ сложнейшей динамической системы. В силу очевидной нелинейности объекта исследования необходимо проанализировать малые перекадки руля, т.к. именно в этой области управляющего воздействия на судно может проявиться «неожиданная» реакция системы.

Устойчивость движения судна при малых перекадках руля была рассмотрена в работе [4], но за основу была взята линеаризованная модель системы. Очевидно, что линеаризованная модель утрачивает ряд свойств исходной нелинейной модели. Поэтому в данной работе за основу была взята нелинейная модель, а в качестве математического аппарата для качественного анализа данной системы использовалась теория ветвления нелинейных дифференциальных уравнений.

Уравнения движения судна на свободном ходу, полученные в работе [4], имеют вид

$$\left. \begin{aligned} & (m + \lambda_{11}) \cdot \frac{dV}{dt} \cos \alpha_i - (m + \lambda_{11}) \frac{d\alpha_i}{dt} \cdot V \cdot \sin \alpha_i + (m + \lambda_{22}) \cdot V \times \\ & \times \omega \cdot \sin \alpha_i - \lambda_{26} \cdot \omega^2 = R_{\dot{a}\delta} + R_{\delta\dot{\delta}} + R_{\dot{a}\delta} + \mathcal{D}_{\dot{a}} + \sum R_x; \\ & (m + \lambda_{22}) \cdot \frac{dV}{dt} \sin \alpha_i - (m + \lambda_{22}) \frac{d\alpha_i}{dt} \cdot V \cdot \cos \alpha_i + (m + \lambda_{11}) \cdot V \times \\ & \times \omega \cdot \cos \alpha_i + \lambda_{26} \cdot \frac{d\omega}{dt} = R_{\dot{a}y} + R_{\delta y} + R_{\dot{a}\delta} + R_e + \sum R_y; \\ & (I_z + \lambda_{66}) \cdot \frac{d\omega}{dt} - (\lambda_{11} - \lambda_{22}) \cdot V^2 \cdot \sin \alpha_i \cdot \cos \alpha_i + \lambda_{26} \cdot V \cdot \omega \cdot \cos \alpha_i - \\ & - \lambda_{26} \cdot V \cdot \frac{d\alpha_i}{dt} \cos \alpha_i - \lambda_{26} \cdot \frac{dV}{dt} \sin \alpha_i = (R_e + R_{py}) \cdot l_p + M_{\dot{a}} + \dot{I}_{\dot{a}} + \sum \dot{I} . \end{aligned} \right\} (1)$$

где t – время; P_e – сила упора винта; R_e – боковая сила винта; R_{rx} , R_{ax} , R_{px} – продольные составляющие гидродинамической, аэродинамической сил и силы на руле; R_{ry} , R_{ay} , R_{py} – поперечные составляющие тех же сил; M_r , M_a , $M_{\dot{a}n} ((R_{\dot{a}} + R_{\delta\dot{\delta}}) \cdot l_p)$, M_p – моменты гидро- и аэродинамической сил, боковой силы винта и руля; α_n – угол дрейфа от поворота; λ_{11} , λ_{26} , λ_{66} – присоединенные массы корпуса судна; $\sum R_x$, $\sum R_y$, $\sum M$ – дополнительные силы и моменты, обусловленные работой парусов, буксиров, швартовых концов, подруливающих устройств, от взаимодействия корпуса судна с причалом, стенками канала или другими судами.

Далее следуя общему правилу максимального упрощения модели, рассмотрим поведение судна в горизонтальной плоскости, на тихой воде и при отсутствии ветра. Дополнительно будем полагать, что скорость судна постоянна. Второй закон динамики для поступательного движения устанавливает зависимость ускорения от суммы действующих на судно сил, а для вращательного движения вокруг вертикальной оси – зависимость углового ускорения от суммы действующих на судно моментов.

Если судно следует постоянным курсом с неотклоненным рулем ($\delta = 0$), то его продольная ось совпадает с направлением скорости $\beta = 0$. В силу симметрии корпуса поперечные силы и момент отсутствуют и, следовательно, угловая скорость $\omega = 0$. Этот стационарный режим будет устойчивым в том случае, если при возникновении незначительных ω , а вслед за этим и угла β , то есть появлении несимметричного обтекания, возникающие силы и моменты заставляют судно возвращаться в исходное состояние.

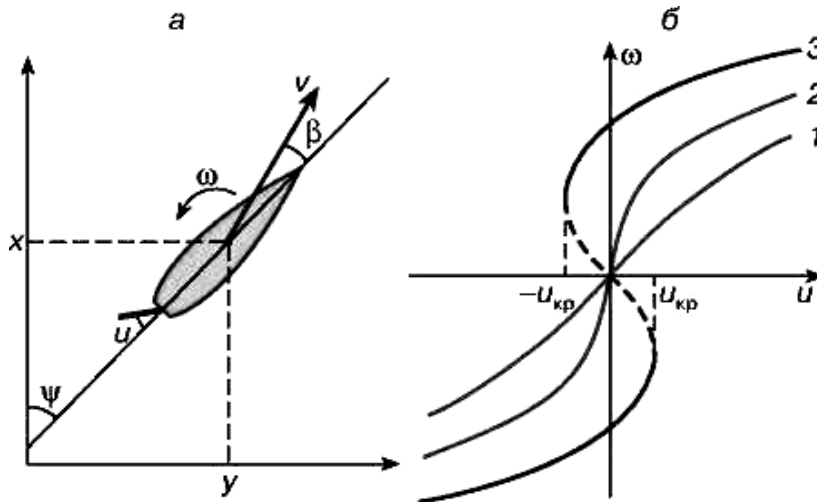


Рисунок 2 – а) состояние судна определяется пятью координатами и параметром управления u ; б) диаграмма управляемости устойчивого (1, 2) и неустойчивого (3) судов

Эту зависимость называют диаграммой управляемости судна. Наиболее важный ее участок – окрестность начала координат. Наклон кривой здесь характеризует реакцию судна на незначительные отклонения руля при прямолинейном движении. Чем круче этот участок, тем выше управляемость (рис. 2 б, кривая 2). Как видно из рисунка, в случае устойчивого судна любому u соответствует единственное стационарное решение. На фазовой плоскости оно соответствует особой точке – устойчивому узлу. Подчеркнем, что диаграмма управляемости представляет статическую характеристику. Определяемые с ее помощью значения $\omega(u)$ достигаются в результате завершения переходного процесса. В обычном же режиме работы руль находится в отклоненном положении незначительное время, за которое величина ω не достигает установившегося значения.

Поэтому необходимость значительного повышения маневренности потребовала еще большего изменения диаграммы управляемости (рис. 2 б, кривая 3). В результате движение судна на прямом курсе оказалось неустойчивым. Участок кривой 3 (рис. 2 б), относящийся к неустойчивым стационарным режимам, изображен пунктиром. На фазовой плоскости он соответствует особой точке – седлу. Естественно, что в этом случае для удерживания судна в окрестности неустойчивого стационарного режима необходимо соответствующее воздействие управляющего органа $u(t)$.

Приведенные рассуждения об устойчивости и неустойчивости судна можно проиллюстрировать на примере простейшей механической системы, изображенной на рис. 3.

Симметричная прозрачная ванна с крутыми боковыми стенками заполнена достаточно вязкой жидкостью, и в нее помещен шар. Случаю неотклоненного руля и устойчивой особой точки соответствует рис. 3 а. Здесь в случае отклонения шара от равновесного состояния произойдет восстановление исходной ситуации. При этом в движении к состоянию равновесия выделяются два этапа: сначала быстрое скатывание по боковой стенке, затем медленное перемещение вдоль дна ванны.

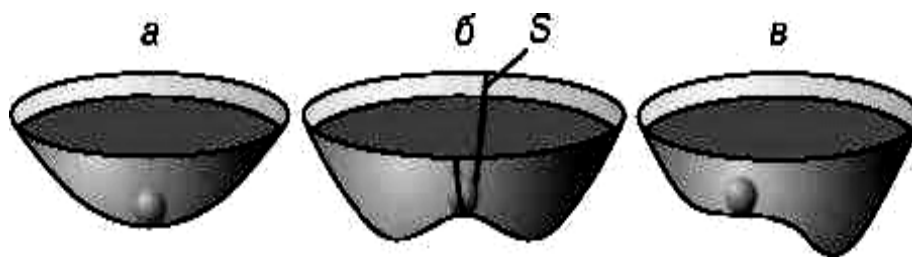


Рисунок 3 – Простейшая механическая система, иллюстрирующая устойчивое на курсе судно (а), неустойчивое при $u = 0$ (б) и неустойчивое при $u > u_{\text{эд}}$ (в)

Неустойчивому на прямом курсе судну соответствует рис. 3 б, который иллюстрирует поведение системы в окрестности седла. При отклонении шара от равновесного состояния строго в поперечном направлении он будет стремиться вернуться в ту же точку. Эта особая траектория S соответствует сепаратрисе седла и является границей притяжения двух устойчивых равновесных состояний. Поэтому смещение шара в любом другом направлении приведет к дальнейшему его перемещению в одно из двух возможных устойчивых равновесных состояний. Отклонению руля в нашей интерпретации соответствует деформация нижней части ванны, нарушающая симметрию между левой и правой сторонами. Рис. 3 в соответствует случаю $u > u_{\text{кр}}$. Следует отметить существование пологого участка, на котором скорость движения падает. Он расположен между более крутыми участками.

Рассматриваемая математическая модель управляемого судна описывается системой пяти дифференциальных уравнений первого порядка. На первом этапе эти уравнения получают в физических переменных и параметрах, измеряемых в обычных единицах. Далее осуществляют преобразование к так называемым безразмерным переменным и параметрам. Путем специального выбора масштабов удается существенно упростить как сами уравнения (часть коэффициентов становятся равными единице), так и смысловую интерпретацию получаемых результатов. Окончательно эти уравнения принимают следующий вид [5]:

$$\dot{\omega} = a\omega + b\beta + s_1 u \quad (2)$$

$$\dot{\beta} = c\omega + d\beta + h\beta|\beta| + s_2 u$$

$$\dot{\psi} = \omega$$

$$\dot{X} = \cos(\psi - \beta), \quad (3)$$

$$\dot{y} = \sin(\psi - \beta)$$

здесь точка означает дифференцирование по безразмерному времени, за единицу которого судно проходит путь, равный длине корпуса.

С позиций качественной теории и теории бифуркаций динамических систем для наших целей оказывается достаточным исследовать уравнения (2) и (3), то есть фазовые портреты в плоскости ω , β . Координаты особых точек ω , β являются корнями квадратного уравнения, получаемого после приравнивания нулю правых частей этих уравнений. Именно таким образом получают диаграмму управляемости.

В результате приходим к следующей математической задаче. Имеется нелинейная система с изменяющимся в процессе ее управляемого движения числом возможных стационарных режимов. При отсутствии управления ($u = 0$) наряду с неустойчивым стационарным решением (рабочий режим) существует еще пара устойчивых решений. С ростом сигнала управления при $|u| = u_{\text{эд}}$ происходит слияние неустойчивого решения с одним из устойчивых и последующее их исчезновение (рис. 2 б). Таким образом, при $|u| > u_{\text{эд}}$ в системе остается единственное устойчивое решение и, казалось бы, проблема управления решается элементарно.

Оказывается, однако, что разумная идея получения высокой управляемости объекта за счет неустойчивости основного режима при сигналах управления $|u| > u_{кр}$ мстит за нарушение традиций и в случаях $|u| > u_{кр}$. Проявляет себя эффект бифуркационной памяти. Фазовые траектории пространства состояний «вспоминают» об опасной бифуркации, замедляя движение системы при прохождении участка, на котором умерла особая точка седло-узел.

На рис. 4 представлено изменение характера переходного процесса в зависимости от длительности движения в фазовом пятне. Чем ближе к центру пятна проходит фазовая траектории (рис. 4 а), тем ближе соответствующий участок переходного процесса и дольше он преодолевается (рис. 4 б).

Поэтому непосредственное и простое приложение результатов теории к проблеме управляемости судов заключается в целенаправленном просмотре фазовых портретов при отклонении руля, превышающем критическое значение, и построении фазовых пятен. Оказалось, что с увеличением угла перекадки руля размеры пятна не изменяются. Однако показатель заторможенности движения внутри него уменьшается. Поэтому самые общие рекомендации предотвращения пониженной управляемости состоят в том, чтобы при необходимости маневра в сложных условиях отклонение руля было бы не просто больше критического значения (как рекомендуют учебники и справочники по судовождению, исходя из статической диаграммы управляемости), а превышало бы его в 2-4 раза.

Более сложной задачей является теоретическое прогнозирование конкретной аварийной ситуации, при которой система «забрасывается» в фазовое пятно и при этом угловая скорость судна оказывается нежелательного направления. В этом случае при правильном отклонении руля судно на какое-то время будет вращаться в противоположную сторону. Если подобная ситуация возникает вне фазового пятна (траектория 4 на рис. 4 а), то правильное управление быстро переведет систему в послушное состояние. Замедление реакции системы при ее попадании в область пятна (траектория из точки β_0) может привести к аварии.

Описанная ситуация возможна для БПС при внезапном исчезновении ветра. Дело в том, что учет ветрового воздействия добавляет в правые части уравнений (2), (3) слагаемые, зависящие от направления и скорости ветра. Стационарному прямолинейному движению судна при ветре соответствует состояние $\omega = \omega_0 = 0$, $\beta = \beta \neq 0$. Поэтому при резком спаде ветра указанное состояние должно быть принято в качестве начальных условий переходного процесса (рис. 4 а). Далее предполагается, что руль отклонен в нужную сторону на достаточно большой угол и исследуются соответствующие фазовые траектории. Для некоторых судов проявление начальной неуправляемости усугубляется тем, что забросу в потенциально аварийную область соответствуют быстрые движения, а выходу из нее – медленные.

Оказалось, что при некоторых начальных состояниях судна даже максимально возможная перекадка руля не спасает от начальной неуправляемости: угловая скорость, курсовой угол и отклонение траектории центра тяжести судна $y(t)$ от исходной прямолинейной траектории начнут изменяться в нужную сторону лишь по истечении некоторого времени ($\tau_\omega, \tau_\psi, \tau_y$ соответственно). При рассматриваемом явлении переходный процесс имеет необычный вид. Управляемая координата в начальной стадии отклоняется в противоположную сторону.

С позиций безопасности судоходства подобные ситуации являются потенциально аварийными. Время начальной неуправляемости зависит от конструкции судна, величины начальных значений ω_0, β_0 и отклонения руля. На рис. 4 в приведены типичные переходные процессы, иллюстрирующие проявление начальной неуправляемости. Обратим внимание, что угол курса ψ начнет изменяться в нужную сторону лишь через

7,3 единицы времени. При длине корпуса 100 м пройденный судном путь составит 730 м. Больше 1 км судну нужно пройти, чтобы исчезло боковое смещение $y(t)$ в нежелательном направлении.

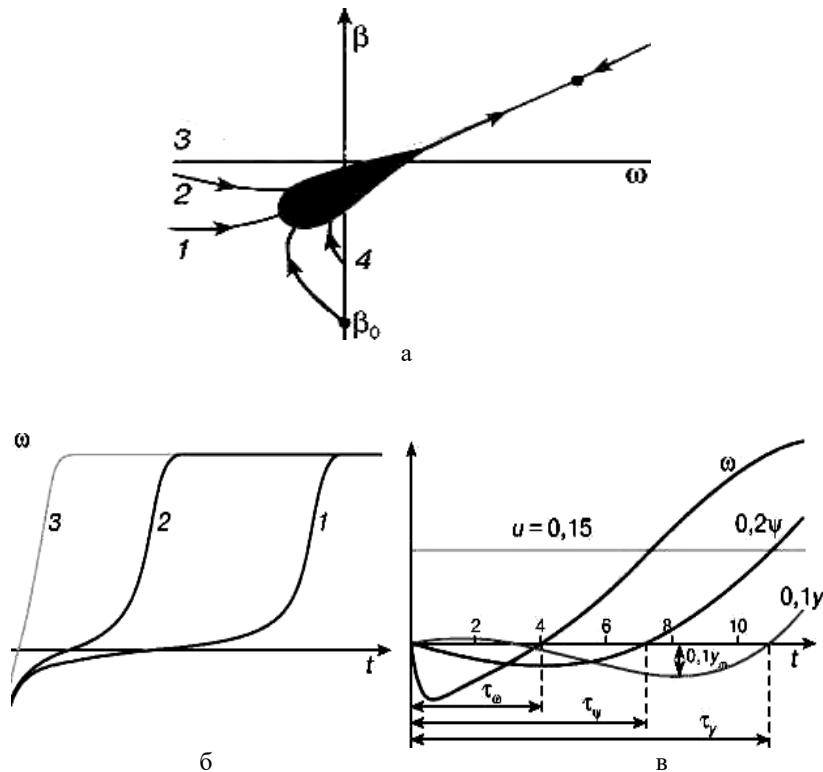


Рисунок 4 – Эффект фазового пятна: а – область пятна при $u > u_{кр}$; б – зависимость переходного процесса от степени близости фазовой траектории к центру пятна; в – показатели начальной неуправляемости при $u = 0,25u_{max}$

В следующем примере, относящемся к проблеме стабилизации неустойчивости, речь пойдет об удерживании неустойчивого судна на прямом курсе. Обычный подход к решению задачи такой. Информация о характере отклонения судна от курса поступает от специальных датчиков и преобразуется в соответствии с определенным алгоритмом. В результате вырабатывается значение так называемой ошибки управления $z(t)$. Эта функция, а также характеристика привода рулевого устройства и определяют угол отклонения руля $u(z)$. Процедура проектирования подобных систем автоматического управления хорошо отработана.

Мы подойдем к решению задачи, опираясь на специфическую для судна бифуркационную картину. Случай потери устойчивости в симметричной системе сопровождается в силу симметрии рождением пары несимметричных устойчивых особых точек. В случае судна это левая и правая самопроизвольные циркуляции при неотклоненном руле. Естественно, что появляются две области притяжения устойчивых точек, разделенные некоторой границей S , которая совпадает с одной из сепаратрис седла (рис. 5 а).

Область заторможенного движения (фазовое пятно) в окрестности седла находится совершенно аналогично случаю бифуркации седло-узел. Выбирается фазовая траектория, начинающаяся в малой окрестности седла M_2 и заканчивающаяся в узле M_3 (рис. 5 а). Очевидно, что в конечной точке участка фазовой траектории M_2M_3 фазовая скорость $V_3 = 0$. Следовательно, на этом участке должна быть точка (пусть M_b), фазовая скорость в которой V_b максимальна. Точка M_b расположена на границе пятна, а сама граница

фазового пятна определяется как геометрическое место точек с такой же скоростью (рис. 5 а).

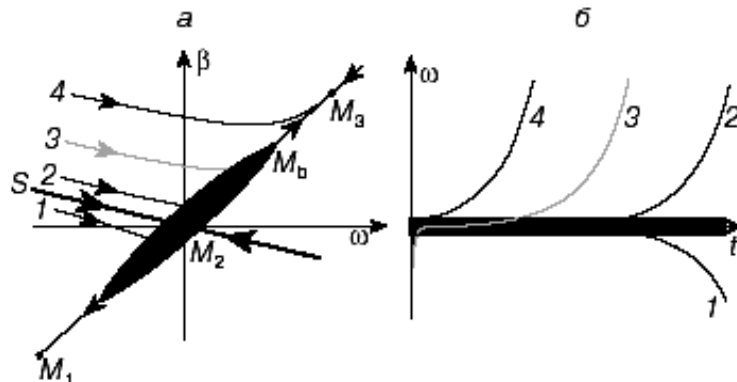


Рисунок 5 – Динамика фазовой траектории при $u = 0$ (а) и неуправляемого судна в окрестности неустойчивого состояния (б)

Зависимость характера переходного процесса неуправляемого судна ($u = 0$) от близости фазовой траектории к сепаратрисе изображена на рис. 5 б. Сплошной линией выделена узкая полоса, соответствующая допустимому отклонению. Теперь мы можем сформулировать алгоритм эффективной стабилизации судна на курсе. Включать рулевое управление следует, как обычно, когда характеризующие отклонение от курса координаты выходят за допустимые пределы. Убирать же руль в нейтральное положение нужно необычно, в момент, после которого состояние судна оказалось бы на сепаратрисе. Естественно, что при этом необходимо разработать алгоритм определения положения сепаратрисы. Описанный подход к созданию авторулевого позволит существенно понизить частоту переключений руля при улучшении показателей качества управления.

Выводы и предложения. Проведенный качественный анализ с использованием теории ветвления дифференциальных уравнений позволил исследовать процесс управления БПС при малых переключках руля. В данном режиме система ОДУ (2) и (3) не теряет свойств, присущих нелинейной системе дифференциальных уравнений (1). Это позволило выявить такие режимы управления, при которых система (1) становится не эволюционной, т.е. ведет себя непредсказуемо. Для предотвращения такого режима и во избежание аварийной ситуации рекомендуется: при необходимости маневра в сложных условиях отклонение руля должно быть не просто больше критического значения (как рекомендуют учебники и справочники по судовождению, исходя из статической диаграммы управляемости), а превышало бы его в 2-4 раза.

Получена методика расчета фазовых пятен, где происходит потеря управляемости, а также выработаны рекомендации по созданию нового авторулевого БПС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гофман А.Д. Двигательно-рулевой комплекс и маневрирование судна: Справочник. – Л.: Судостроение, 1988. – 360 с.
2. Мальцев А.С. Маневрирование судов при расхождении. – Одесса: Морской тренажерный центр, 2004. – 212 с.
3. Вайнберг М.М., Треногий В.А. Теория ветвления решений нелинейных уравнений. – М.: Наука, 1969. – 524 с.
4. Войткунский Я.И., Першиц Р.Я., Титов И.А. Справочник по теории корабля: Судовые двигатели и управляемость. – Л.: Судостроение, 1973. – 511 с.
5. Неймарк Ю.И. Простые математические модели их роль в постижении мира // Соросовский образовательный журнал. – 1997. – № 3. – С. 139-143.

СВІТОВІ ТЕНДЕНЦІЇ СТВОРЕННЯ МАЛОГАБАРИТНИХ ІНТЕГРОВАНИХ НАВІГАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Харченко В.П., Ільницька С.І.
Національний авіаційний університет
(Київ, Україна)

Вступ. Високі вимоги до якості сучасного навігаційного забезпечення стимулюють розвиток нових навігаційних систем (НС), де широко використовуються досягнення в області комплексування різномірних навігаційних засобів, зокрема супутникових радіонавігаційних систем з автономними нерадіотехнічними системами (інерціальними, аерометричними, магнітними, оптичними, астрономічними тощо) [1, 2]. Тільки при об'єднанні їх у єдиний функціональний комплекс із застосуванням сучасних методів обробки даних можна досягти бажаних характеристик.

Актуальність досліджень. На даний час у багатьох країнах світу інтенсивно зростають дослідження по створенню інтегрованих інерційно-супутникових навігаційних систем (ІНС). Зокрема цим питанням цікавляться у Сполучених Штатах Америки (Стенфордський університет), Канаді (Університет Калгарі, Альберта), Австралії (Університет Нового Південного Вейлсу, The University of New South Wales), Великобританії (Королівський коледж Лондону) тощо. Також на світовому ринку існує певна кількість уже готових технічних рішень ІНС, наявність яких говорить про достатню зрілість теоретичних напрацювань з питань комплексування глобальних навігаційних супутникових систем (ГНС) та ІНС. Однак останнім часом поява потужних, малогабаритних та відносно недорогих процесорів, а також мікромеханічних інерціальних датчиків (MEMS – Microelectromechanical systems) [3] дала новий поштовх для розробки та реалізації складних високоефективних алгоритмів комплексної обробки навігаційних сигналів та інформації від ІНС та ГНС.

Постановка задачі. У роботі ставиться задача щодо аналізу сучасних світових тенденцій створення малогабаритних інтегрованих НС, на основі якого слід зробити рекомендації щодо оптимальної структури інтегрованої НС для безпілотного літального апарату (БПЛА). При цьому слід враховувати, що НС для БПЛА має задовольняти вимогам малогабаритності та невеликої ваги.

Результати досліджень. Проблемами створення інтегрованих НС займається ряд фірм виробників, зокрема ГНЦ РФ ЦНДІ «Електроприлад», ТеКнол, Rockwell Collins, Gladiator Technologies, Inertial Science, Microbotics, MicroStrain, O-Navi, Systron Donner Inertial, MicroPilot, NovAtel, Xsens Technologies, SBG Systems, Aeron Systems [4] тощо.

Французька компанія SBG Systems випускає мініатюрну ІНС IG-500N, до складу якої входить інерціальний вимірювальний блок (три акселерометри та три датчика кутової швидкості) типу MEMS, GPS приймач, датчик статичного тиску та магнітометр. Комплексування даних відбувається з використанням розширеного фільтра Калмана (РФК), частота оновлення навігаційних даних до 100 Гц. Точність у динамічному режимі роботи: орієнтація $\pm 1^\circ$ (за умови хорошої доступності GPS), позиціонування – 2.5 м у горизонтальній площині і 5 м по висоті. Масогабаритні характеристики приладу: в корпусі – 36x49x22 мм, 46 г, без корпусу – 27x30x14 мм, 10 г.

Голландська компанія XSENS серійно випускає інтегровану ІНС MTi-G, кількісний склад датчиків якої такий же, як і у IG-500N компанії SBG Systems. Відомо, що алгоритми комплексування реалізовані на цифровому сигнальному процесорі з використанням слабо зв'язаної схеми інтеграції. Точність навігаційних визначень також ідентична, частота оновлення до 120 Гц. Масогабаритні характеристики – 58x58x33 мм, 68 г.

Американська фірма Rockwell Collins серійно випускає інтегровану Micro INS, склад датчиків якої такий же, як і в попередніх НС, за винятком відсутності датчика тиску.

Точність позиціонування та визначення швидкості залежить від точності GPS приймача, використання WAAS корекцій тощо. Точність визначення висоти – 13.7 м, орієнтації $\pm 1^\circ$. Масогабаритні характеристики – 114.3x50.8x25.4 мм, 0.11 кг.

Американська фірма Cloud Cap Technology випускає ICHC Piccolo Navigator, до складу якої входить інерціальний вимірювальний блок типу MEMS та ГНСС приймач, також прилад має можливість зовнішнього підключення магнітометра. Точність визначення місцеположення – 5 м, швидкості – 0.5 м/с, кутів крену і тангажу – 1° , ристання – 2.5° . Частота видачі навігаційної інформації регулюється користувачем, максимальна 60 Гц. Масогабаритні характеристики приладу – 130x59x19 мм, 80 г.

Також було розглянуто наступні ICHC: MIDG II американської компанії Microbotics Inc., ARN-NS0535 індійської фірми Aeron Systems, CompaNav2 російської фірми Текнол та ін.

У результаті була виявлена тенденція до використання інерціальних датчиків невисокої вартості типу MEMS та одночастотних ГНСС приймачів у вигляді базового набору та додатково датчиків магнітного поля і статичного тиску при повному наборі.

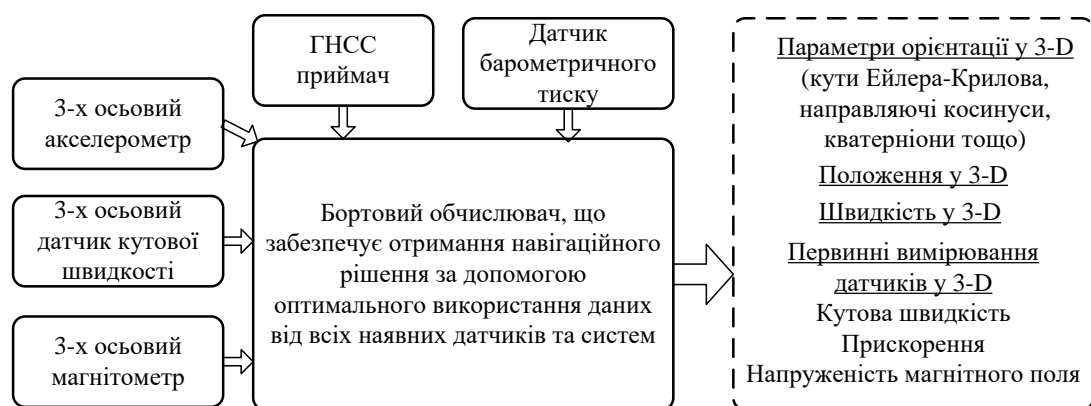


Рисунок 1 – Структурна схема інтегрованої навігаційної системи для БПЛА

У результаті проведеного аналізу пропонується структура інтегрованої ІНС (рис. 1), яка охоплює повний набір необхідних датчиків.

Висновки. У роботі проведено аналіз сучасних тенденцій створення малогабаритних інтегрованих ІНС на основі кращих світових зразків. Виявлено, що для успішного виконання задачі високоточного, безперервного та надійного визначення навігаційних параметрів руху об'єкта розробники рухаються у напрямку поглиблення інтеграції між інерціальними, супутниковими та іншими навігаційними системами та об'єднання їх в єдиний інформаційний комплекс. У результаті аналізу запропоновано структуру інтегрованої ІНС для БПЛА, яка включає в себе типовий набір датчиків.

ЛІТЕРАТУРА

1. M.S. Grewall, L.P. Weill, A.P. Andrews. Global Positioning Systems, Inertial Navigation, and Integration. A John Wiley & Sons, Inc. Publ., New York, Chichester, Brisbane, Singapore, Toronto, 2001, 392 p.

2. Конин В.В. Системы спутниковой радионавигации / В.В. Конин, В.П. Харченко. Национальный авиационный университет. – К.: Холтех, 2010. – 520 с.

3. Сысоева С. Магнитоуправляемые, MEMS и мультисенсорные датчики движения 2009 года – функциональнее, точнее, миниатюрнее предшественников [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.kit-e.ru/assets/files/pdf/2009_08_54.pdf

4. Сайти фірм-виробників інтегрованих ІНС [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

<http://www.sbg-systems.com/>; <http://www.xsens.com/>; <http://www.rockwellcollins.com/>;
<http://www.cloudcaptech.com/>; <http://www.teknol.ru/>; <http://www.microboticsinc.com/>.

**СЕКЦІЯ 5:
ТРЕНАЖЕРНІ СИСТЕМИ ТА ЛЮДСЬКИЙ ФАКТОР
НА ТРАНСПОРТІ**

РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ «ВЛИЯНИЕ УРОВНЯ АВТОМАТИЗАЦИИ НА БЕЗОПАСНОСТЬ УПРАВЛЕНИЯ СУДНОМ» В УЧЕБНОМ КУРСЕ «МЕНЕДЖМЕНТ МОРСКИХ РЕСУРСОВ»

Бень А.П., Кошлик Л.А.

Вуз «Херсонский государственный морской институт»
(Украина)

Введение. В настоящее время существенной проблемой современного судоходства является так называемый «человеческий фактор», который служит причиной более чем 80% аварий морских судов.

Решение проблемы снижения влияния человеческого фактора на уровень аварийности судов может быть достигнуто путем введения в цикл подготовки для специалистов морского флота специальных курсов.

Актуальность проблемы. Растущее число аварий по причине человеческого фактора определяет актуальность повышения качества управления морскими судами и их безаварийной эксплуатации путем обучения судового персонала методам успешной командной работы, формирования позитивных отношений между офицерами, воспитания у них образцовых лидерских качеств.

Изложение основного материала. В июне 2010 г. в столице Филиппин в г. Манила прошла дипломатическая конференция стран, придерживающихся Международной конвенции о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты 1978 г. На конференции был принят текст Конвенции ПДНВ и Кодекс ПДНВ в новой редакции. В стандарты компетентности лиц командного состава на уровнях управления и эксплуатации введены новые компетенции, знания и умения, предусматривающие различные виды подготовки, связанные с внедрением на современных судах новых технологий и современного оборудования.

Так, для судоводителей предусмотрены обязательные минимальные стандарты компетентности:

- использования электронно-картографических информационных систем (ECDIS);
- управления ресурсами навигационного мостика;
- умения осуществлять руководство судовым персоналом;
- более эффективного использования систем, регулирующих движение судов (VTS).

Для судовых механиков дополнительно предусмотрены стандарты компетентности:

- по управлению ресурсами машинного отделения;
- умения осуществлять руководство персоналом;
- управления судовыми системами;
- защиты окружающей среды.

Следует отметить, что значительная часть поправок направлена на повышение компетентности лиц командного состава судов по управлению ресурсами ходового мостика, машинного отделения, организации управления экипажем, совершенствования системы воспитания у морских офицеров лидерских качеств.

Изменения в ПДНВ обязывают морские учебные заведения к введению дополнительных курсов обучения будущих специалистов, как на уровне управления, так и на уровне эксплуатации.

Одним из таких курсов является курс «Менеджмент морских ресурсов» (ММР). Его разработка была начата в 1993 году Шведскими страховыми компаниями в авиации и в дальнейшем продолжена группой организаций, в число которых входит Шведский клуб.

Курс ММР был разработан с целью минимизации рисков аварий путем формирования безопасного и ответственного поведения экипажа в экстремальных условиях.

Цель курса – улучшить знания относительно возможностей и ограничений человека в условиях работы на море и, особенно в экстремальных условиях; развивать и закреплять положительное отношение к безопасным методам работы и успешным командным действиям.

При содействии крьюинговой компании «Marlow Navigation» и Немецкого государственного Фонда инвестиций и развития, а также по согласованию с МОН Украины в Херсонском государственном морском институте началась работа по созданию украинской версии курса, который будет базироваться на основных идеях, принципах и положениях курса ММР, предложенных Академией Шведского клуба.

Одним из модулей украинского варианта курса ММР является модуль «Влияние уровня автоматизации на безопасность управления судном», изучение которого ставит целью снизить степень аварий на судах, возникающих в процессе взаимодействия судового персонала с автоматизированными техническими средствами.

Необходимость изучения данной проблемы актуальна, так как с ростом объемов автоматизации на судах число аварий не сокращается. А причиной большинства аварий является именно человеческий фактор.

В рамках модуля определяется роль и объем автоматизации на судне, рассматриваются функциональные отличия между человеком и автоматикой; производится анализ факторов аварий, возникающих в процессе взаимодействия человека с автоматизированными техническими средствами; объясняются основные причины возникновения ошибок судовых операторов.

В результате изучения модуля курсанты получают знания относительно основных причин возникновения ошибок судовых операторов и путей их предотвращения; у них сформируется позитивный психологический настрой на работу с автоматизированными техническими средствами.

Выводы. Изучение модуля «Влияние уровня автоматизации на безопасность управления судном» в рамках учебного курса «Менеджмент морских ресурсов» будет способствовать снижению влияния человеческого фактора на уровень аварийности судов, повышению качества подготовки специалистов по специальности «Судовождение» и «Эксплуатация судовых энергетических установок» и, как следствие, повышению конкурентоспособности украинских морских офицеров на мировом рынке труда.

ЛИТЕРАТУРА

1. Международная конвенция о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты 1978 года с поправками, внесенными в 1995 и 1997 годах (конвенция ПДНВ), включая заключительный акт Конференции 1995 г. и Кодекс ПДНВ. – London: Издательство: International Maritime Organization, 2007. – 282 с.
2. Даниленко А.А. Психологические основы управления на морском транспорте. Учебник. – СПб.: Издательство Санкт-Петербургского института истории РАН «Нестор-История», 2004. – 395 с.
3. Денисов В.Г. Методы и средства технического диагностирования судовых энергетических установок: Монография. – Одесса: Фенікс, 2008. – 304 с.
4. Стрелков Ю.К. Инженерная и профессиональная психология. – М., 2001. – 311 с.

ЗАРУБІЖНИЙ ДОСВІД ПРАВОВОГО РЕГУЛЮВАННЯ ДІЯЛЬНОСТІ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Дем'янчук Ю.В.

Національний університет державної податкової служби
(Ірпінь, Україна)

На сьогодні необхідність удосконалення залізничної галузі визнана на державному рівні, наслідком чого стало схвалення розпорядженням Кабінету Міністрів України Концепції Державної програми реформування залізничного транспорту № 651-р від 27.12.2006 р. та Державної цільової програми реформування залізничного транспорту на 2010-2015 рр. № 1390 від 16.12.2009 р. Для визначення пріоритетів майбутніх реформ в управлінні залізничним транспортом України доцільним буде звернутися до світового досвіду моделювання управління залізничним транспортом.

Однією із сучасних світових тенденцій регулювання діяльності залізничного транспорту є поступовий відхід від сильного державного впливу на дану галузь господарства та поступова лібералізація управління ним. У багатьох розвинутих країнах залізничний транспорт ще в середині ХХ ст. втратив свій монопольний стан у зв'язку із загостренням конкуренції між різними видами транспорту на ринку транспортних послуг з перевезення, яка сприяла зниженню конкурентоспроможності залізниць та зумовила необхідність проведення реформ з метою адаптації залізничної галузі до функціонування в ринковому середовищі. Так, зокрема, частка пасажирських перевезень на залізничному транспорті в країнах ЄС на сьогодні складає усього 8%.

Багато процесів внутрішньої (внутрішньоорганізаційної) управлінської діяльності (маються на увазі управлінські технології), що здійснюється державними та недержавними компаніями аналогічні і не залежать від форми власності об'єкта управління. Питання полягає у тому, щодо яких сфер діяльності транспорту доцільним постає управління, що здійснюється недержавними компаніями, а які потребують управлінської діяльності держави. Ключовим моментом при визначенні особливостей певної моделі управління є частка певної форми власності. У різних країнах світу застосовуються різні моделі управління залізничним транспортом, а звідси – і відповідні методи державного регулювання. Про це свідчить міжнародна практика реформування залізничного транспорту, яка базується на двох основних концепціях-моделях: вертикальної інтеграції та вертикального розподілу.

Концепція вертикальної інтеграції застосовується у США, Канаді, Японії, окремих країнах Африки та Латинської Америки. Вона передбачає створення компаній, які володіють або користуються на правах концесії територіально окресленою частиною інфраструктури разом із рухомим складом. На американському континенті зберігається думка про недоцільність відокремлення інфраструктури від експлуатації, оскільки саме так забезпечується стійкість технологічного процесу перевезень. Тобто кожна залізнична компанія володіє інфраструктурою, рухомим складом, окремими ремонтними підприємствами тощо і сама здійснює процеси перевезень завдяки праву вільного доступу до інфраструктури. Шляхом надання права користування власною інфраструктурою іншим залізничним компаніям (що є обов'язковим та закріплене на законодавчому рівні) в сфері експлуатації створюється конкурентне середовище. Таким чином, унаслідок розвитку конкурентних відносин у сучасній системі державного регулювання залізничного транспорту превалюють процеси лібералізації.

Саме концепція вертикально-інтегрованої системи господарського управління залізничним транспортом з утворенням державного господарського об'єднання взята за основу реформування залізничного транспорту України на третьому етапі (2014 – 2015 рр.) відповідно до Державної цільової програми реформування залізничного транспорту на 2010 – 2015 роки.

Реформування залізничного транспорту ЄС інтенсифікувалося 1989 р. з ухваленням Європейською комісією нової політики реформування залізниць, головною метою якої було створення конкурентного середовища на ринку залізничних перевезень, що сприяло б більш ефективному розвитку зазначеної галузі. Так, у державах – членах ЄС, відповідно до директиви ЄС «Про розвиток залізниць у Європейському співтоваристві» № 91/440, однією з найважливіших вимог до національних залізничних систем була вимога щодо відокремлення інфраструктури від експлуатаційної діяльності та формування у сфері експлуатації конкурентного середовища, яку було реалізовано в різних схемах та моделях функціонування залізничного транспорту. Згодом до цього нормативно-правового акту було внесено зміни Директивою 2004/51/ЄС, спрямовані на формування більш тісного залізничного простору між країнами ЄС. Це було викликано передусім неоднаковим ступенем розвитку залізничної галузі держав-членів. Зокрема, на сьогодні Австрія, Великобританія, Італія, Нідерланди, Німеччина, Швеція мають найрозвиненішу інфраструктуру і займають найвищі позиції у сфері надання широкого арсеналу послуг.

Реформа залізничного транспорту в цих країнах орієнтована на вивід залізниць з-під жорсткого державного регулювання і спрямована на демонополізацію ринку залізничних перевезень. Водночас у багатьох розвинутих країнах лібералізація окремих галузей з ознаками природної монополії, зокрема залізничної, зумовила появу системи незалежних органів регулювання діяльності суб'єктів природних монополій. Наприклад, у США вона має два рівні: федеральний (Комісія з торгівлі між штатами) та федеративний. Організація роботи комісій формується на базі основоположного принципу про її незалежність як від політичних факторів, так і від впливу учасників економічних процесів у регульованих галузях – компаній та споживачів, а фінансування діяльності здійснюється за рахунок бюджетних асигнувань.

Стосовно створення інституту незалежного регулювання в Україні, слід зазначити, що Законом «Про природні монополії», низкою указів Президента, зокрема «Про заходи щодо реалізації державної політики у сфері природних монополій», також передбачено створення відповідного регулювального органу. У рамках чинного законодавства ним є національні комісії – центральні органи виконавчої влади зі спеціальним статусом, незалежні від відомчого впливу та інтересів. При цьому такі комісії не відповідають за ефективність діяльності галузевих підприємств і ліквідуються у разі виникнення передумов для розвитку конкуренції на відповідному товарному ринку.

Однак, незважаючи на задекларовані цілі, в Україні до сьогодні це завдання у галузі транспорту залишається невирішеним і тривалий час є предметом гострих дискусій стосовно того, що може стати одним із чинників стимулювання впровадження прогресивних реформ.

ЛІТЕРАТУРА

1. Конституція України: Науково-практичний коментар / В.Б. Аверьянов, О.В. Батанов, Ю.В. Баулін та ін.; Ред. кол. В.Я. Тацій, Ю.П. Битяк, Ю.М. Грошевой та ін. – Харків: Видавництво «Право»; К.: Концерн «Видавничий дім «Ін Юре», 2003. – 808 с.
2. Юридична енциклопедія / Під ред. Ю. С. Шемшученка. – К.: Наука, 1999. – Т. 2. – 780 с.
3. Юридическая энциклопедия / Под ред. Тихомирова М.Ю. – М.: Зерцало, 2001. – 652 с.
4. Большой юридический энциклопедический словарь / Под ред. Барихина А.Б. – М.: БЕК, 2000. – 936 с.

МІЖНАРОДНЕ СПІВРОБІТНИЦТВО В ГАЛУЗІ ВИКЛАДАННЯ «МОРСЬКОЇ» АНГЛІЙСЬКОЇ МОВИ ЯК ФАКТОР ПОБУДОВИ НАЦІОНАЛЬНИХ СТАНДАРТІВ

Демиденко Н.П.

Київська державна академія водного транспорту ім. гетьмана
Петра Конашевича-Сагайдачного
(Україна)

Вступ. Іноваційний проект MarTEL (UK/07/LLP-LdV/TOI-049). Метою проекту MarTEL (Maritime Tests of English Language) є створення всесвітньо визнаних стандартів морської англійської мови, а також продукування відповідних матеріалів для навчання та оцінювання. Судноплавство вважається однією з найбільш важливих і небезпечних сфер світової економіки, тому безпека моряків, судна та груза є пріоритетним напрямком діяльності суднотранспортної індустрії. Невдале або помилкове спілкування на борту судна – це одна з головних причин аварійності (R.Ziarati). Зниження ризику суднопереvezень безпосередньо залежить від додержання стандартів володіння англійською морською мовою, що мають бути прийнятими всіма учасниками даного сектору економіки: державою, судовласниками, круїнговими компаніями тощо. Проект MarTEL здійснює розробку тестів для судноводіїв та судномеханіків (рядових та офіцерів). Необхідну увагу приділено розповсюдженню стандартів, підготовці кваліфікованих викладацьких кадрів, питанням дистанційної освіти у сфері викладання/вивчення морської англійської мови, реалізації пілотного проекту організації центру сертифікації з Maritime English та ін. (повна інформація – www.maritime-test.org).

Аспекти викладання морської англійської мови: лінгвістичний, методологічний, психологічний та соціальний. Участь у проекті MarTEL надає можливість проаналізувати всі аспекти функціонування морської англійської мови в сучасних умовах з метою їх урахування при розробці національних і міжнародних стандартів.

Лінгвістичний аспект. Дослідники наголошують на глобальному характері англійської для багатьох людей, що працюють в інтернаціональному середовищі. Щодо морської англійської мови, то вона оцінюється як *операційна мова* з деякими функціональними обмеженнями в умовах торгівельних суднопереvezень (R.Ziarati). Лінгвістичний аналіз свідчить про наявність величезного словникового «вантажу», доволі короткого переліку граматичних структур, вражаюче серйозного набору фонетичних особливостей англійської морської мови. Проблема кореляції між загальною та морською англійською мовою виникає під час підготовки тестів, навчальних матеріалів, зокрема, розробки підручників, які б максимально задовольняли всі життєві потреби студентів.

Методологічний аспект. Найбільш широкою платформою для методичних розвідок є ESP (English for Specific Purposes). Проект MarTEL розробляє систему тестів, яка враховує реальне спілкування моряків. Проект, таким чином, зосереджується на вирішенні питання координації в роботі фахівців-спеціалістів та фахівців-мовників. Це ще один виклик щодо спільної співпраці фахівців при підготовці викладачів у доволі специфічній сфері – судноводінні.

Психологічний аспект. Дискусія навколо проблеми вибору метода викладання продемонструвала, що найкращим стає той, що найбільш адекватно враховує інтереси особи, що навчається. Різноманітність завдань, матеріалів, підручників, достатній рівень мотивації у процесі навчання, що гарантує відкритість студента та викладача, реакція живого спілкування, інтерес до майбутньої професії складають необхідну базу вивчення англійської морської мови.

Соціальний аспект. Відомо, що найкращим підґрунтям для мотивації в процесі навчання є ринок праці. В індустрії водного транспорту ця проблема вирішується через

надбання студентами або випускниками ВНЗ досвіду спілкування в інтернаціональних екіпажах, коли можливе виникнення деяких проблем міжкультурного або міжрелігійного характеру.

Уніфікація національних та міжнародних стандартів з морської англійської мови. Підготовка судноводіїв та судномеханіків з морської англійської мови безпосередньо пов'язана з поняттям національного та міжнародного стандартів. За визначенням «стандарт» служить як загальноприйнята модель. Стандарт встановлюється професійними адмінструктурами. При їх наявності національні стандарти морської англійської мови відрізняються в різних країнах. Здобутки українських фахівців з морської англійської мови значні, втім вони не завершилися розробкою стандартів вузькопрофесійного спрямування. Водночас міжнародні організації вимагають розробки глобальних стандартів з Maritime English з метою усунення різниці між представниками англомовних та неангломовних країн. Тому проект MarTEL має за мету розповсюдження як ідей щодо міжнародних стандартів, так і матеріалів, що є продуктом роботи транснаціональної європейської команди. Маємо ситуацію, коли міжнародні стандарти позитивно впливають на розробку та подальший розвиток національних норм освіти стосовно професійної підготовки моряків та уніфікують вимоги всіх установ, пов'язаних з наймом та атестацією моряків.

Тести в системі міжнародних стандартів з морської англійської мови. Тестування є невід'ємною частиною освіти фахівців, об'єктивним, ефективним та легким у застосуванні інструментом встановлення рівня володіння професійними вміннями. Втім, зміст тестових серій вимагає ретельного аналізу з точки зору коректності оцінки практичних умінь студентів, а також чіткого розмежування професійних тестів за спеціальністю та мовних професійних тестів. MarTEL – це мовна (мовленнєва) тестова система, яка має бути прийнята представниками галузі міжнародних судноперевезень для визначення професійної придатності моряків всіх рангів, спеціальностей та національностей щодо їх англомовної підготовки. Концепція тестів MarTEL та їх системний характер передбачає розробку матеріалів оцінювання у разі появи нової посади на судні. Міжнародний стандарт MarTEL – це софтверна інтерактивна система тестів, що може використовуватися в аудиторії будь-якого навчального закладу.

Висновки. Адаптація та апробація тестів у різних морських університетах Європи буде здійснюватися в рамках пілотного проекту з метою оцінювання та вдосконалення професійних мовних умінь рядового складу, молодших та старших офіцерів. Проекти MarTEL, MarTEL Plus докорінно підвищують рівень освіти моряків, оскільки на сьогодні морська англійська мова отримує особливий статус професійних досягнень, що в цілому створює базу успішного функціонування торгового флоту.

СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБУЧЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКОМУ УПРАВЛЕНИЮ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

Землянський А.В., Сорока М.Ю.
Государственная летная академия
(Кировоград, Украина)

Постоянное развитие национальной и мировой авиационно-транспортной системы ведёт к повышению рабочих нагрузок на авиационных специалистов, включая диспетчеров по управлению воздушным движением (УВД), что обуславливает необходимость мер по повышению эффективности системы профессиональной подготовки авиадиспетчеров. Одним из перспективных подходов к повышению качества профессионального обучения является индивидуальный подход.

Согласно классификации авиадиспетчерских тренажеров они подразделяются на процедурные, модульные и комплексные [1]. Использование индивидуального подхода возможно только с процедурными и модульными тренажёрами, т.к. использование комплексного тренажёра предполагает взаимодействие нескольких обучаемых на разных рабочих местах.

По состоянию на начало 2011 года структура воздушного пространства Украины состоит из следующих региональных структурных подразделений (РСП): РСП «Киевцентраэро», Донецкого РСП, Днепропетровского РСП, Львовского РСП, Одесского РПС, РСП «Крымаэрорух» и Харьковского РСП [2].

В каждом структурном подразделении установлены современные автоматизированные системы управления воздушным движением (АС УВД), которые, в свою очередь, комплектуются тренажерами. Они имеют максимальную степень подобия реальной АС УВД и могут работать в модульном и комплексном режимах. Но следует иметь в виду, что в каждом РПС установлена собственная, уникальная, версия АС УВД, разработанная с учетом местных особенностей и требований. Кроме того, в Днепропетровском РСП и в РСП «Киевцентраэро» установлены АС УВД зарубежного производства, которые отличаются от отечественных разработок, применяемых в остальных РСП. Кроме того, в каждом РСП установлен модульный тренажер рабочего места диспетчера Tower производства фирмы ADACEL.



Рисунок 1 – Возможности программного комплекса

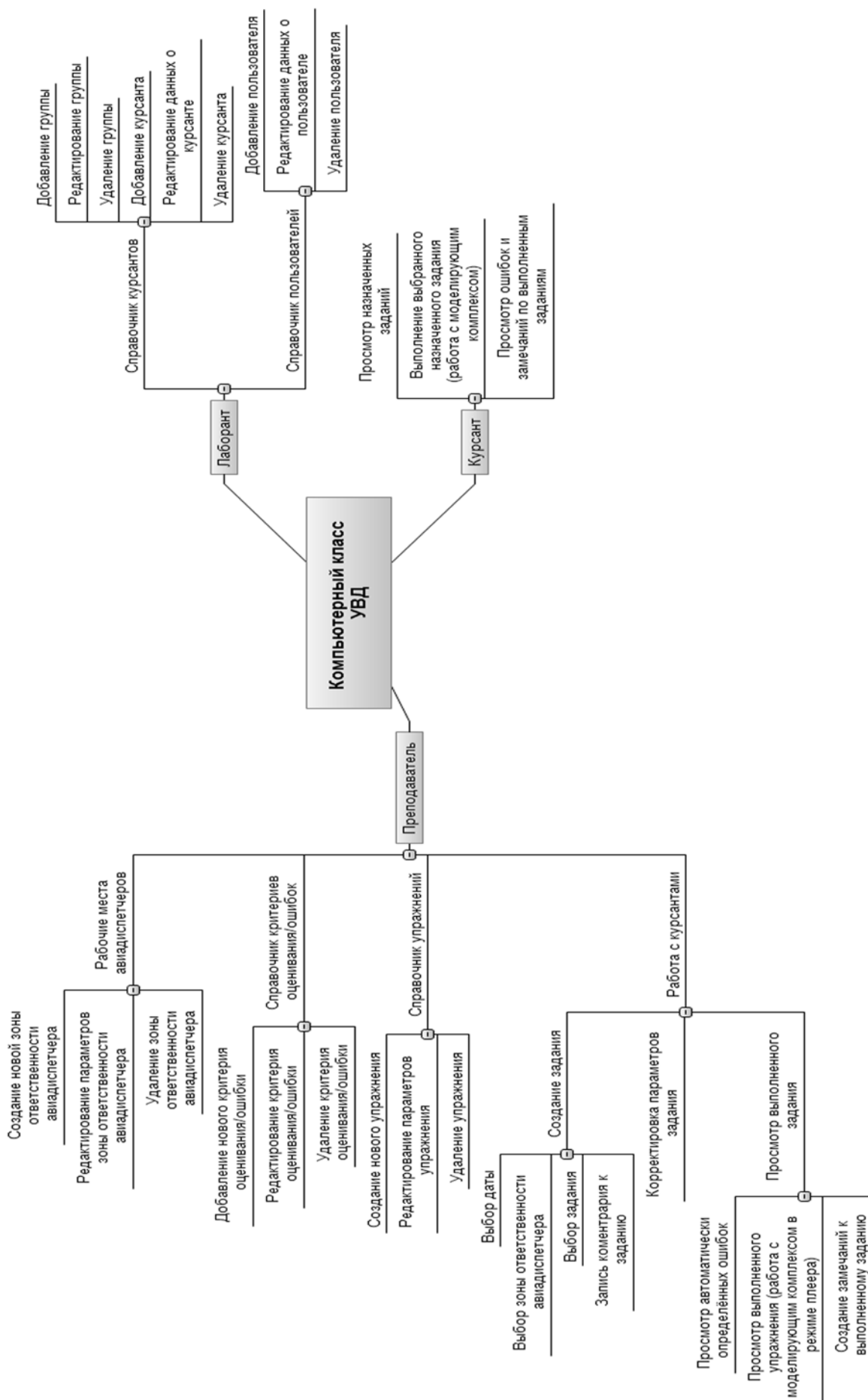


Рисунок 2 – Возможности компьютерного класса УВД

В тренажерном центре Государственной летной академии Украины с 2001 года для обучения курсантов применяется комплексный тренажер разработки тренажерного центра и кафедры УВД Государственной лётной академии Украины (ГЛАУ). За основу интерфейса взята АС УВД Аэротехника, актуальная на время разработки. С 2010 года на кафедре УВД для проведения практических занятий применяется программный моделирующий комплекс, разработанный Научно-производственным институтом аэронавигации ГЛАУ (НПИ Аэронавигации ГЛАУ) [3].

Самой распространенной общедоступной специализированной международной компьютерной сетью виртуальной авиации является VATSIM [4]. EuroScore – наиболее современная программа-клиент для диспетчерского обслуживания воздушного движения в этой сети. Обмениваясь данными с серверами сети VATSIM, она позволяет наблюдать текущую воздушную ситуацию в виртуальном пространстве, также как диспетчеры управления воздушным движением наблюдают ее, сидя перед мониторами реальных радиолокаторов. EuroScore имеет ряд функций симуляции реальных радиолокационных систем, такие как ограниченный радиус видимости радиолокатора, отсутствие ответа от приемоответчика, корреляция с полетным планом и много других уникальных функций [5]. У EuroScore есть уникальная возможность создания тренировочного сценария и его последующего использования в тренажере (интегрированном в EuroScore) с целью обучения и тренировки. Для этого Вам не нужны никакие подключения к серверам VATSIM или другим серверам, можно просто сидеть и управлять симуляцией в тренажере [6].

В Национальном авиационном университете для проведения тренажерной подготовки используются мощности Учебно-сертификационного центра «Украэрорух» (г. Борисполь).

В Государственной летной академии Украины (ГЛАУ) ведутся исследования и работы, направленные на создание автоматизированной системы управления качеством профессиональной подготовки авиадиспетчеров. Важная роль в ней отводится внедрению индивидуального подхода к обучению с активным использованием процедурных тренажеров в учебном процессе.

Проанализировав достоинства и недостатки доступных средств тренажерной подготовки авиадиспетчеров, с целью повышения качества обучения курсантов ГЛАУ и внедрения индивидуального подхода, в НПИ Аэронавигации ГЛАУ была поставлена задача разработки принципиально нового моделирующего комплекса работы авиадиспетчера.

В результате реализации поставленной задачи был создан комплекс программных продуктов. Возможности, реализованные в данном комплексе, схематично изображены на рисунке 1.

Для эксплуатации программного комплекса в учебном процессе было принято решение использовать его в компьютерном классе, реализация возможностей которого представлена на рисунке 2, и создать средство дистанционного обучения – Индивидуальный Симуляторный Комплекс Работы Авиадиспетчера («ИСКРА»). Возможности комплекса ИСКРА представлены на рисунке 3.

На сегодняшний день комплекс активно применяется в учебном процессе и научной работе Государственной лётной академии Украины (ГЛАУ). На базе компьютерного класса УВД и моделирующего комплекса Radar-Pro в 2010 и 2011 годах успешно проведены 2 чемпионата по практическому УВД среди курсантов на звание «Лучший курсант-авиадиспетчер года». Магистры и аспиранты ГЛАУ используют возможности моделирующего комплекса Radar-Pro в научной деятельности – проводят эксперименты и совершенствуют модели.

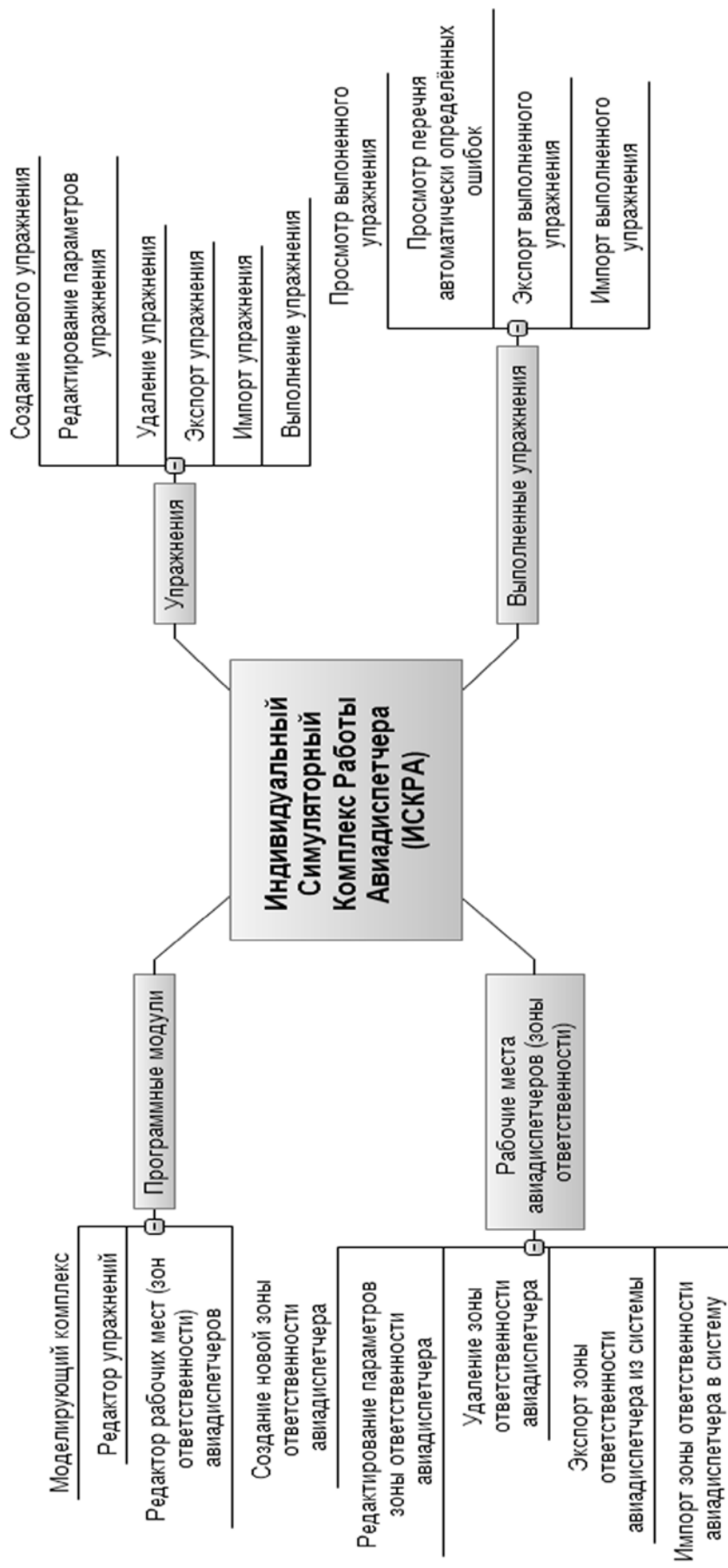


Рисунок 3 – Возможности «ИСКРА»

ЛИТЕРАТУРА

1. Извалов А.В., Неделько В.Н., Неделько С.Н., Палённый А.С., Сорока М.Ю. Модели процессов управления качеством подготовки авиадиспетчеров // Радиоэлектронні і комп'ютерні системи 7 (41). – Харків: «ХАІ», 2009. – С. 89-94.
2. <http://www.ukstatse.ua>
3. <http://digisky.net.ua>
4. <http://www.avsim.su/wiki/VATSIM>
5. <http://www.avsim.su/wiki/EuroScope>
6. <http://www.avsim.su/wiki/%D0%A2%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B0%D0%B6%D0%B5%D1%80>

РЕАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛИ ПРОХОЖДЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ФРОНТА НА ТРЕНАЖЕРНОМ МОДЕЛИРУЮЩЕМ КОМПЛЕКСЕ RADAR-PRO

Коренной С.Н., Землянский А.В.
Государственная летная академия
(Кировоград, Украина)

Потребность моделирования влияния атмосферных явлений и величин на полет воздушных судов в тренажерных средствах управления воздушным движением продиктована необходимостью повышения уровня адекватности моделей поведения воздушных судов с целью организации работы курсантов на тренажере в условиях, приближенных к реальности. При выполнении полета на воздушное судно в атмосфере оказывают влияние многие метеорологические факторы.

Для реализации моделей влияния метеорологических факторов в процедурных тренажерах для зон ответственности, расположенных в верхнем воздушном пространстве (зоны ответственности РЦ или Control), наибольший интерес представляют собой влияние ветра, температуры, облачности и обледенения на полет воздушного судна.

Рассмотрим влияние метеорологических факторов на выполнение полета ВС на примере прохождения холодного атмосферного фронта 2-го рода через зону ответственности РЦ 23 августа 2001 года (рис. 3, рис. 4). В рассматриваемом случае при прохождении атмосферного фронта отмечены кучево-дождевые облака с нижней границей облаков 600 м, верхней границей – 7000 м. В зоне атмосферных фронтов наблюдались следующие метеорологические явления: видимость 10 км, между сроками наблюдалась гроза. Температура у поверхности земли равна +14,5 °С, на уровне тропопаузы равна -57,0 °С, нулевая изотерма расположена на высоте 2200 м, изотерма -10 °С – на высоте 3700 м, изотерма -20 °С – на высоте 5200 м. В кучево-дождевых облаках от высоты 2200 м до верхней границы облаков сильное обледенение и от нижней границы облаков до верхней границы сильная болтанка. Ветер на высоте 1500 м – 340° 10 м/с, на высоте 3000 м – 320° 10 м/с, на высоте 5000 м – 320° 13 м/с, на высоте 7000 м – 340° 20 м/с, на высоте 9000 м – 340° 23 м/с, на высоте 11000 м – 350° 30 м/с. Фронт перемещается на юго-восток со скоростью $\approx 35-40$ км/ч и постепенно размывается.

Для отображения прохождения атмосферного фронта в моделирующем комплексе используется так называемый «метеорологический полигон», в который входят все перечисленные выше метеорологические явления и величины. 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 (атмосферного фронта).

Для расчета расположения метеополигона в пространстве применяется условный центр полигона. Условный центр полигона представляет собой произвольную точку, входящую в полигон и, как правило, является одной из вершин полигона (рис. 1). Координаты всех вершин полигона задаются относительно условного центра полигона в прямоугольной системе координат. Параметры движения полигона задаются в виде пары значений: скорости и направления движения. Скорость задается в метрах в секунду, направление движения – в градусах. При определении положения метеополигона пересчитываются координаты условного центра полигона, а затем координаты вершин полигона относительно условного центра.

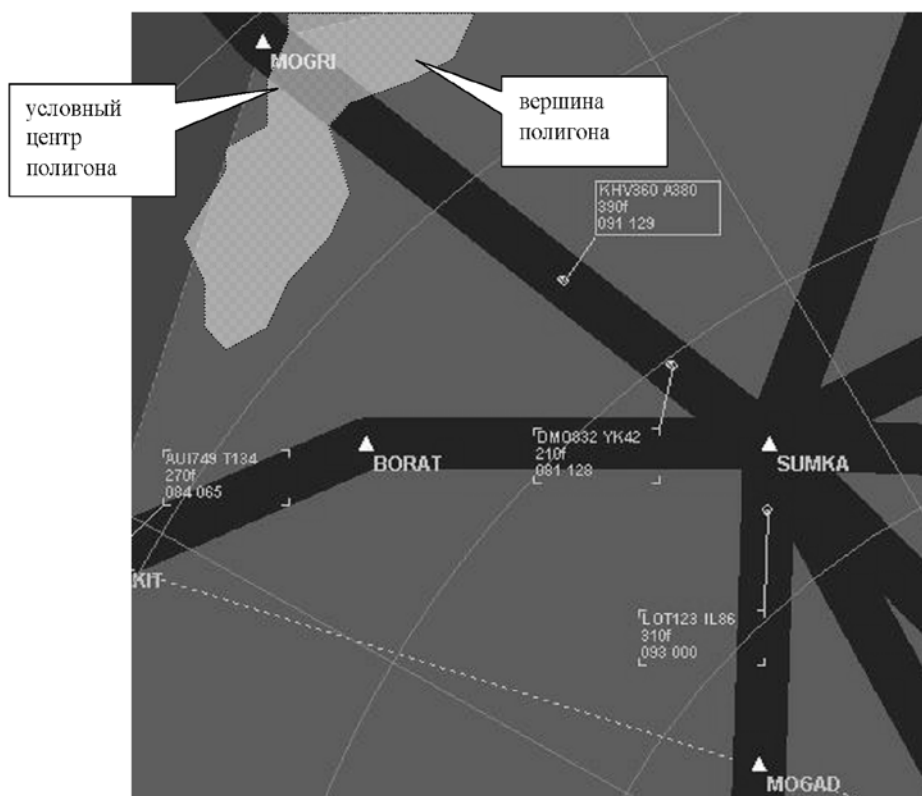


Рисунок 1 – Отображение прохождения атмосферного фронта через зону ответственности РЦ.

Главной особенностью, отличающей данную реализацию, является возможность динамического изменения размера и формы полигона в процессе его движения. Это достигается за счет указания маршрутов движения для вершин полигона. Параметры движения вершин задаются по аналогии с параметрами движения условного центра: скоростью и курсом. Расчет нового положения вершины полигона происходит относительно условного центра. Таким образом, расчет координат новых вершин происходит после расчета новых координат условного центра полигона и его вершин. Такой способ реализации изменения геометрии метеополгона позволяет в простой и удобной для понимания форме задавать параметры его перемещения и перемещения его вершин.

Процесс движения и изменения формы полигона отображен на рис. 2 а и рис. 2 б. Фрагмент метеополгона, в котором наиболее заметно изменение формы, на рисунке выделен кругом.

Для моделирования движения и эволюции атмосферных фронтов на сегодня используются данные, взятые из реальной синоптической обстановки, представленной на приземных картах погоды и картах абсолютной топографии (рис. 2, рис. 3). По этим данным мы определяем начальное местоположение атмосферного фронта и благодаря наличию метеоинформации через каждые 6 часов задаем параметры движения и эволюции данного фронта. В дальнейшем планируется разработка моделей развития атмосферных образований (воздушных масс и атмосферных фронтов) по каждому аэропорту в зависимости от времени года.

В автоматизированных системах управления воздушным движением (АС УВД), применяемых на Украине, не производится вывод информации об условиях погоды на дисплеи радиолокаторов, поэтому в тренажерном моделирующем комплексе RADAR-PRO 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.

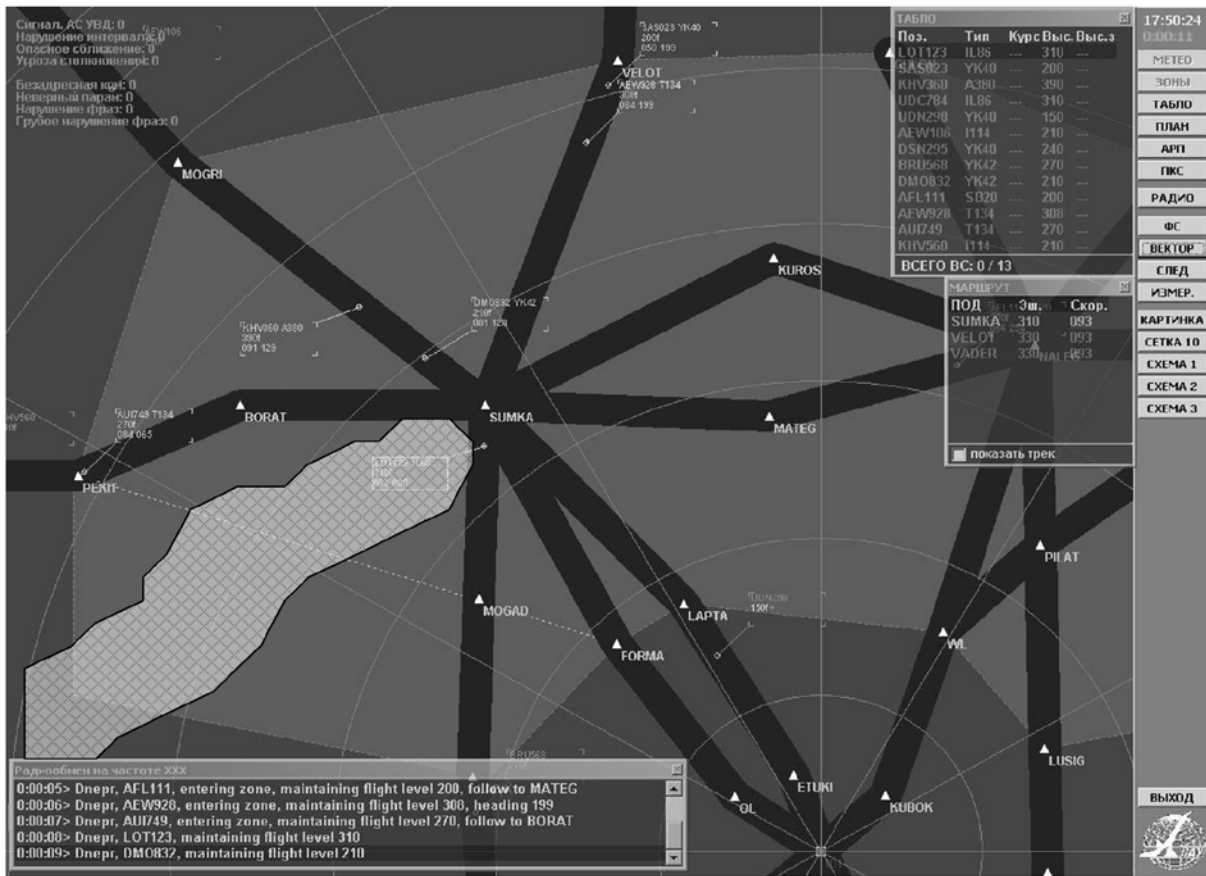


Рисунок 2 а – Процесс движения и изменения формы метеополигона

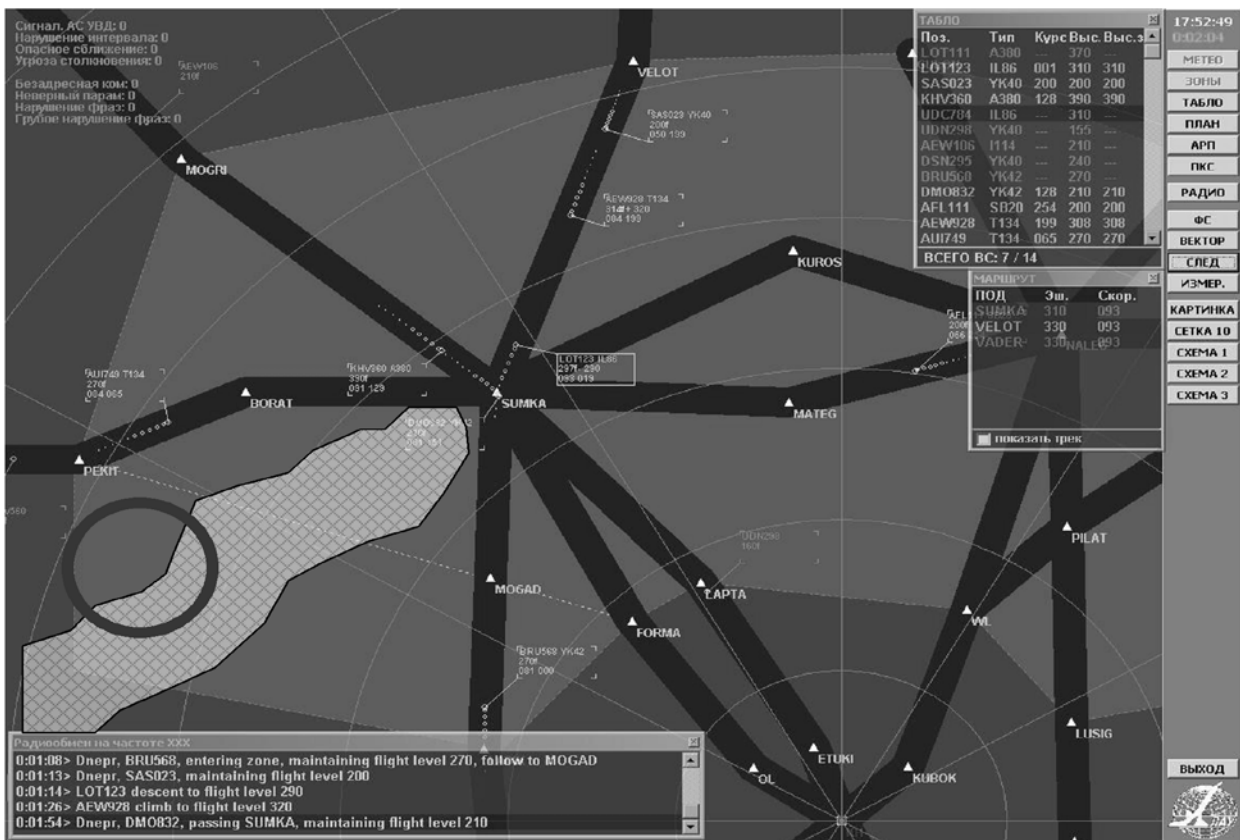


Рисунок 2 б – Процесс движения и изменения формы метеополигона

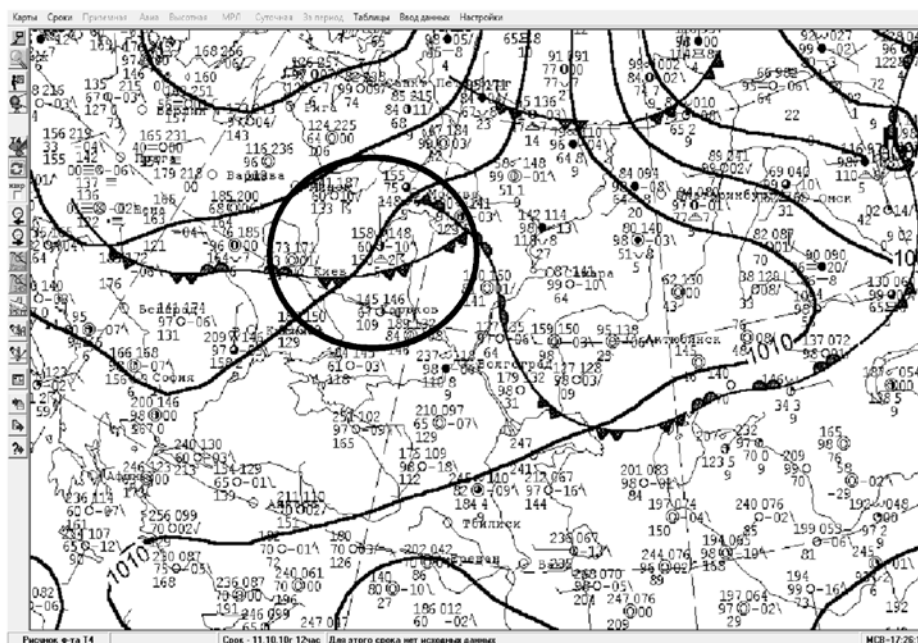


Рисунок 3 – Фрагмент приземной карты погоды (23.08.2001 г.)

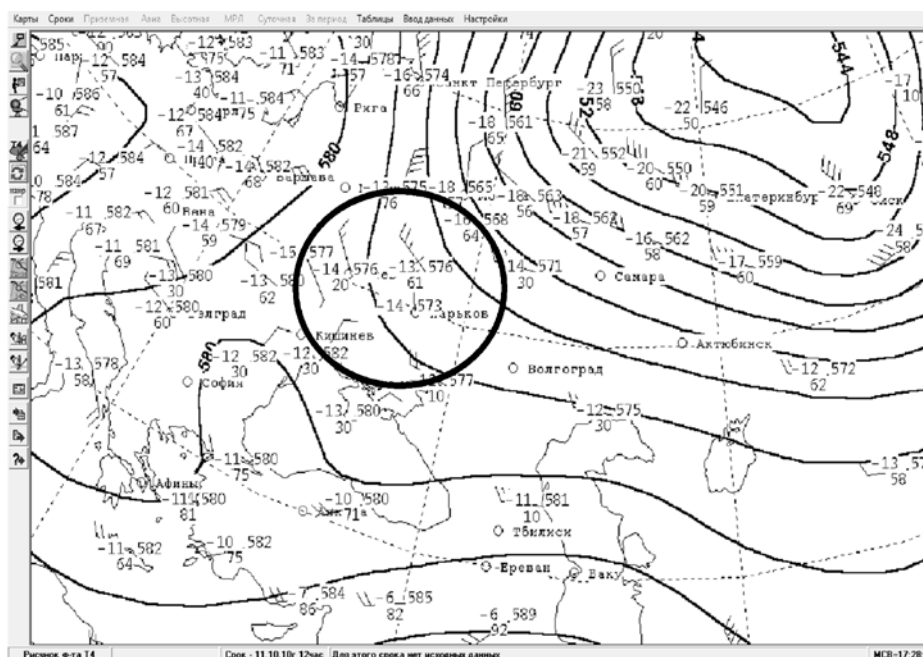


Рисунок 4 – Фрагмент карты абсолютной топографии (АТ 500)

ЛИТЕРАТУРА

1. Лещенко Г.П. Авиационная метеорология: Учебник. – Кировоград: ГЛАУ, 2009. – 488 с.
2. Метеорологическое обеспечение международной аэронавигации. Международные стандарты и рекомендуемая практика. Приложение 3 к Конвенции о Международной гражданской авиации. – Монреаль: ИКАО, издание шестнадцатое, июль, 2007.
3. Правила метеорологічного забезпечення авіації. – Київ: 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.

ОСОБЕННОСТИ МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДИСТАНЦИОННЫХ КУРСОВ ОБУЧЕНИЯ В ХЕРСОНСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ МОРСКОМ ИНСТИТУТЕ

Кравцова Л.В., Каминская Н.Г., Пуляева А.В.
Вуз «Херсонский государственный морской институт»
(Украина)

Введение. Одной из основных составляющих дистанционного обучения является наличие качественного методического обеспечения дисциплины. Конечно, к рабочей программе любого курса дается список как основной, так и дополнительной литературы, к которой может обратиться студент при подготовке к практическим занятиям, зачету или экзамену. Однако, даже если эта литература имеется в достаточном количестве в библиотеке института, далеко не каждый студент найдет время, а если говорить открыто, желание «выискивать» необходимый материал в длинном перечне учебных пособий. Поэтому для методического обеспечения дисциплины так важно создать максимально полный лекционный и практический курсы, причем иметь их и в электронной форме, и в печатном виде. Естественно, использование рекомендованной литературы при этом ни в коей мере не отвергается! Особенно эта проблема актуальна для таких вузов, как Херсонский государственный морской институт, в котором, в силу специфики учебного графика, немалую часть времени курсанты находятся на плавательной практике. Получив в электронной форме не только задания, но и полный лекционный материал, курсант может, находясь на практике или просто пропустив занятия, восполнить пробелы в знаниях. По крайней мере, базовую часть курса по предоставленным ему материалам он обязан освоить.

Данная работа ставит своей **целью** на примере одной из тем дисциплины «Специальные разделы высшей математики», читаемой в Херсонском государственном морском институте, показать технологию и методику создания дистанционного курса. Особое внимание при этом обращается на использование электронных таблиц Excel, как одну из составляющих формирования системы знаний и навыков, необходимых будущим морякам для эффективного и рационального применения компьютерной техники в своей профессиональной деятельности. Вся основная документация, базы данных, вычисления, связанные с проверкой оборудования, расчетом остойчивости, разработкой планов погрузки-разгрузки судна, и т.д., выполняются в Microsoft Excel. Конечно, на современных судах, как правило, уже установлены профессиональные программы, учитывающие все необходимые операции. Однако эти программы также выполнены в Excel, являющимся одним из наиболее популярных приложений в мире. Полноценное использование этих программ возможно только при безусловном понимании принципов работы Excel.

Основная часть. Структура дистанционного курса и его специфика в морском институте. Среди всех электронных ресурсов обучения особую роль играет дистанционный курс обучения. Он является основным учебным объектом, который используется в дистанционном обучении. Его особенность заключается в том, что он представляет собой составной обучающий объект, объединяющий различные электронные ресурсы обучения с целью организации процесса обучения с использованием специальных программных сред – систем дистанционного обучения. Структурная схема, представленная на рис. 1, детально отображает концепцию дистанционного обучения.

Пример методического обеспечения дистанционного курса в морском институте. Рассмотрим структуру лекционного материала, предназначенного для дистанционного обучения курсантов Херсонского государственного морского института.

Основными элементами структуры являются следующие.

Постановка задачі.

Постановка задачі – это точная формулировка условий задачи с описанием входной и выходной информации. В этом пункте требуется детально изложить суть проблемы, возможные способы ее решения, методы решения, предлагаемые в данной лекции.

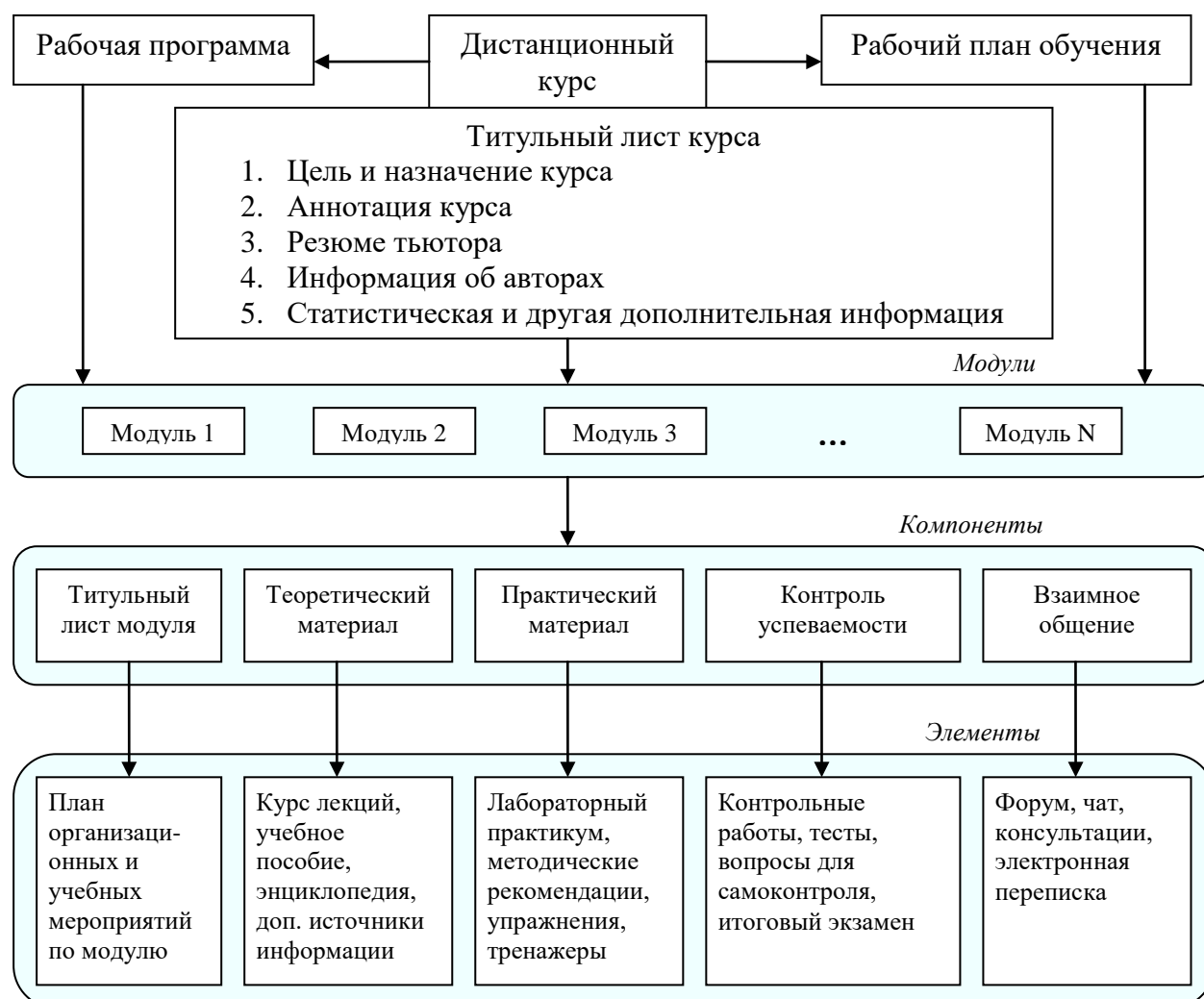


Рисунок 1 – Структура дистанционного курса обучения. Специфика: мультимедиа, использование MS Office (Word, Excel, Access, Power Point), расчетные и виртуальные лабораторные работы

Примеры использования излагаемой теории на практике.

Любая теория становится понятнее, если привести примеры применения этой теории на практике (например, курсантам морского института будет интересно узнать, что метод наименьших квадратов с успехом используется для определения оптимальной траектории движения судна).

Теоретическая часть.

В этом пункте, собственно, должны быть максимально полно изложены, в соответствии с научным методом, основные теоретические положения по изучаемому вопросу. При этом крайне необходимо учитывать специфику высшего учебного заведения, в котором читается данный курс, и контингента, для которого этот курс предназначен. Лекционный материал, на примере которого реализована структура дистанционного курса, составлен для курсантов морского института, а значит, основной акцент должен быть сделан на профессиональную направленность будущих моряков.

Алгоритм решения практической задачи и реализация решения практической задачи средствами Excel.

Как известно, алгоритм – это точный набор инструкций, описывающих порядок действий исполнителя для достижения цели, поставленной в задаче. Главную роль нужно отвести именно реализации алгоритма решения в электронных таблицах Excel, которые содержат большое количество стандартных и, что очень существенно, нестандартных функций. Поэтому в лекционном материале необходимо показать создание логической структуры задачи, ее математическую модель, которая впоследствии и будет реализована средствами Excel. При этом наиболее удобно в лекции основные шаги реализации алгоритмов представить скриншотами листов Excel. Например, при изложении темы «Решение задач анализа и прогноза средствами Excel» необходимо продемонстрировать использование таких функций, как: НАКЛОН, ОТРЕЗОК, ТЕНДЕНЦИЯ, а также диалогового окна ЛИНИЯ ТРЕНДА с учётом указания уравнения регрессии. На графике представлен полином 4-ой степени, параметры которого система просчитывает самостоятельно, пользуясь только исходными данными в виде таблицы.

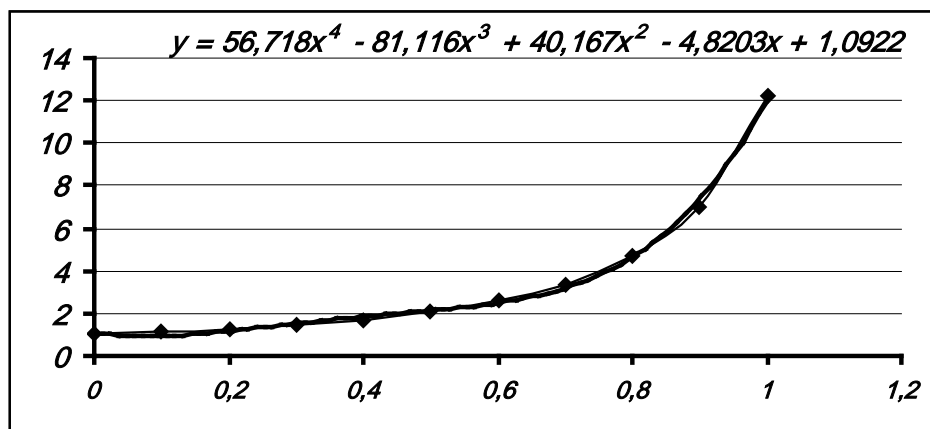


Рисунок 2 – Полином 4-ой степени

ЛИТЕРАТУРА

1. Kravtsov N. Evaluation Metrics of Electronic Learning Resources Quality / Information Technologies in Education. 3d Issue. – Kherson. – 2009. – P. 141 – 147.
2. Кравцова Л.В. Мультимедіа технології в системі дистанційної освіти / Л.В. Кравцова, Г.М. Кравцов. – Матер. міжнар. наук.-практ. конф. «Інформатизація освіти України: стан, проблеми, перспективи». – Херсон, 2001. – С. 55-57.
3. Кравцова Л.В. Технологии и методы проектирования, разработки и использования мультимедийного программно-методического комплекса // «Теория и строение судна» ISSN 1998-7927 Научный журнал №10 (152) Часть 2, 2010. – Луганск, 2010. – С. 115-121.

АКТУАЛЬНОЕ НАУЧНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ И НОВАЯ УЧЕБНАЯ ДИСЦИПЛИНА В МОРСКИХ ВУЗАХ УКРАИНЫ – МЕНЕДЖМЕНТ ЧЕЛОВЕЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

Кривошеков В.Е.

Одесский учебно-исследовательский центр «Надежность в судоходстве»
Всеукраинской ассоциации «Надежность»
(Украина)

Украина выбирает Европу. Европа, как и весь цивилизованный мир, выбирает качество. Менеджмент качества в 21-м веке в развитых странах фокусируется на качестве менеджмента, чем и обеспечивает конкурентное преимущество в любом виде деятельности и реализации любого рода процессов. О каких бы системах менеджмента и их качестве мы не говорили, речь в любом случае сводится к системам менеджмента ресурсов, важнейшим и первым элементом которых является развитие и совершенствование человека (организации людей) в целом либо отдельных его составляющих. То есть, все фокусируется на системы менеджмента обучения (education) и подготовки (training) людей – персонала от топ-менеджера до уборщицы. Речь в любом случае идет о системах менеджмента качества образования, высшего в том числе. Представление (performance) этих систем и их результатов на выходе должно быть адекватным времени и месту. Очевидно, что современный магистр факультета менеджмента London Business School вряд ли найдет общий язык в области качества менеджмента с аналогичным выпускником Пхеньянского университета. И пояснений здесь никаких не требуется. Вместе они вряд ли смогут начать и тем более продолжить сколь либо длительный, эффективный и конкурентоспособный бизнес, например, в Южно-Африканской республике. И в этом нет большой беды. Но, если, люди, подобные эти двум, садятся за штурвал авиалайнера, например, в роли первого и второго пилота и при этом имеют совершенно разные представления о менеджменте вообще и качестве менеджмента в частности, то я не завидую не только пассажирам этого самолета, но и людям всех стран, над которыми он полетит.... Такая же ситуация – на капитанском мостике морских судов, совершающих международные рейсы.

На рассмотренную выше «увертюру», можно предложить простой ответ: пусть первый из двух упомянутых специалистов ведет бизнес в пределах Великобритании и подконтрольных ей территорий, а второй – в Северной Корее, на Кубе, в Венесуэле или, по крайней мере, на территории стран СНГ.... Но, увы, что тогда делать с уже объективным процессом глобализации всего и вся!? Разве, что примкнуть к лагерю антиглобалистов и ездить с ними каждый год в Давос....

Смешанные экипажи воздушных и морских судов – это уже давно объективная реальность. В мировом торговом мореплаваннии количество судов, укомплектованных представителями разных стран, национальностей и культур, превышает 60 процентов! Обучение и подготовка моряков проходит в разных системах образования, базирующихся на разных подходах к менеджменту и качеству.

«Счастье – это когда тебя понимают», – говорится в классическом советском фильме. И это – правда. А когда тебя не понимают, а ты управляешь танкером со ста тысячами тонн ядовитых газов – это уже не твоя лишь личная беда.

Выход, казалось бы, найден. Международная ассоциация морских университетов со штаб-квартирой в Токио (Япония) более 10 лет пытается внедрить единую учебную программу подготовки моряков в странах-поставщиках наибольших людских ресурсов на международный рынок труда плавсостава. Украина к этим странам как раз относится, только своих моряков до сих пор учит по советским учебным планам и программам. Международная морская организация со штаб-квартирой в Лондоне с 1978 года пытается урегулировать стандарты подготовки, сертификации и несения вахты на судах для всех

моряков путем принятия новых версий международной конвенции STCW. Но славянский, а тем более китайский менталитет, позволяют присоединиться к любой конвенции, а потом ее вообще не выполнять или выполнить, но «на свой манер». Передовые ученые мира работают над решением проблемы кросс-культурных отношений и, наиболее продвинутые из них – представители США, Великобритании, Сингапура, уже приблизились к презентации новой методики и нового оценочного коэффициента культурных способностей любого человека работать в кросс-культурной среде – тест «CQ-test» по аналогии с уже существующими тестами «IQ-test» и «EQ-test». Исследователи-прикладники и продвинутые менеджеры транснациональных корпораций, включая область международной логистики и транспортировки, разработали и реализуют учебно-тренинговые курсы, призванные обеспечить безопасность (надежность и качество) воздухо- и мореплавания через развитие и совершенствование коммуникативной компетенции взаимоотношений людей с разной культурой. До недавнего времени эти учебные программы и тренинги назывались Bridge Resource Management (BRM), Bridge Team Management (BTM), Engine Team Management (ETM). Сейчас их объединяют под названиями «Менеджмент экипажа» – Crew Resource Management (CRM), в основном в авиации, и «Менеджмент морских ресурсов» – Maritime Resource Management (MRM).

В широком смысле эти учебные курсы, тренинги и связанные с ними научные исследования призваны создать такую коммуникационную среду на борту судна и в отношениях с береговыми (земными) операторами, которая минимизирует все риски несчастных случаев и исключает человеческие ошибки, право на которые имеет любой человек. Ярким примером нарушения коммуникативной окружающей среды является недавняя катастрофа самолета под Смоленском с польской элитой на борту. С одной стороны, в профессиональную деятельность экипажа вмешивались высшие должностные лица Польши, с другой, российские авиадиспетчеры (наверное, второсортные, как и сам аэродром), оставляли польских пилотов на десятки секунд без коммуникационной поддержки, то есть молчали и прерывали столь необходимую при посадке среду непрерывности «запрос-ответ» в самый критический момент.

Далее в докладе рассматривается современная версия учебного курса **«Менеджмент морских ресурсов» – MRM** (бывший учебный курс BRM – Bridge Resource Management – Менеджмент ресурсов мостика), разработанная Академией Шведского клуба страховщиков на транспорте. Она включает принципы из Руководства в отношении организации несения вахты на судне и менеджмента ресурсов мостика (BRM), которые указаны в Секции B-VIII/2, части 3-1 Международного Кодекса STCW с учетом Манильских поправок, принятых в 2010 году и становящиеся обязательными.

Известно, что наибольшее число аварийно опасных ситуаций на судне возникает благодаря плохой коммуникации и/или координации действий между людьми, а не по причинам отказов техники или отсутствию навыков у людей. Общими причинами этого являются: разломы в коммуникации (непонимание, разрыв связи) между людьми; озабоченность малозначимыми техническими вопросами; ошибки в делегировании (отказ от делегирования, неспособность делегирования) полномочий по решению задач; ошибки в определении (отказ от обнаружения, невозможность определения) отклонений от нормы в операционных (исполнительских) процедурах. Чтобы исключить эти причины и решить проблему, Шведский клуб в начале 1990-х объединил усилия с шестью другими ведущими морскими организациями и Летной Академией Шведской Авиакомпания SAS и выступил с инициативой учредить глобальный учебно-тренинговый курс по менеджменту ресурсов мостика (BRM). Перенос опыта и наработок по менеджменту ресурсов из сектора гражданской авиации в морское судоходство был одной из центральных задач по развитию учебного курса BRM и в своем роде первым во всей мировой морской индустрии. Следя за дальнейшим развитием нового оригинального курса, Шведский клуб заменил термин тренинга «BRM» на новый, более широкий термин «MRM» – Менеджмент морских ресурсов.

Учебно-тренинговий курс MRM создан для того, чтобы минимизировать риск инцидентов посредством поддержания безопасного и ответственного поведения людей. Это нацеливает на поощрение положительных отношений, благоволящих хорошей межличностной коммуникации, превосходству в навыках лидерства и согласованности в выполнении операционных процедур.

Учебный курс MRM идеально пригоден как для офицеров палубной и машинной судовой команды, так и морских лоцманов. Его цель – гарантировать, что надежная практика менеджмента ресурсов поддерживается ежедневными практическими действиями. Обеспечивающие эту цель принципы включают: признание значимости смысла (сути) хорошего менеджмента и командной работы; готовность членов экипажа менять поведение в нужном (положительном) направлении; осознание важности использования, изучения и знания общей терминологии, относящейся к менеджменту.

Учебный курс разбит на 15 модулей и представляет собой серию семинаров, проводимых тщательно отобранными, обученными и сертифицированными лидерами тренинга. Человеческие ошибки и опасное (рискованное) поведение анализируются в динамике групповой ситуации и реальных инцидентов, а несчастные случаи расследуются в зависимости от перспектив внедрения концепции MRM. Семинары поддерживаются учебными модулями компьютерных тренажеров, которые проверяют человеческое взаимодействие и менеджмент ситуаций, влияющих на возникновение несчастного случая. Рекомендуются проходить повторные (обновленные) учебные курсы MRM каждые три года, чтобы гарантировать постоянные и позитивные изменения взаимоотношений. MRM – единая учебно-тренинговая программа по обучению деловым навыкам морских офицеров торговых судов (штурманов, механиков и др.), лоцманов и берегового персонала, задействованного в мировом судоходстве. Цель программы – расширить объем знаний о человеческих способностях с учетом их граничных возможностей (ограничений) а также сохранить (safeguard) позитивное отношение к безопасности и к командной работе (teamwork). MRM в общепринятом понимании признан одним из самых эффективных средств по улучшению кооперации в работе (согласованности действий) судового экипажа и уменьшению риска аварий (несчастных случаев). Число организаций, предоставляющих услуги в области обучения деловым навыкам (training providers) по реализации MRM, во всем мире быстро возрастает.

Академия Шведского клуба страховщиков на транспорте на средства немецких фондов через представительство в Украине немецкой же судоходной компании «Marlow Navigation Co. Ltd.» уже зашла на рынок Украины в 2010 году с новым видом услуги – обучение и тренинг украинских моряков, лоцманов и берегового персонала судоходных компаний по курсу MRM. Этот курс, по сути, является практической коммерческой реализацией в судоходном бизнесе, во-первых, известной из теории менеджмента управленческой идеи «Новых человеческих отношений», «магическое слово» которой – «качество решения», во-вторых, перенесением методик и инструментов менеджмента человеческих ресурсов из отрасли гражданской авиации (CRM Course). Лицензионное соглашение с Академией Шведского клуба в Украине уже заключили следующие организации: Kherson State Maritime Institute (Kherson), Marlow Navigation Training Centre (Odessa), Odessa Maritime Training Centre (Kherson branch), Odessa Maritime Training Centre (Odessa), Wallem Maritime Training Centre (Odessa), которые уже являются провайдерами этого курса и имеют в своем штате сертифицированных лидеров по проведению тренингов MRM в Украине. Стоимость 4-дневного курса обучения составляет не менее \$500 с кандидата на сертификат. Более того, Министерство образования и науки Украины своим приказом от 25 октября 2010 г., № 1001 создало рабочую группу и планирует сделать этот учебный курс обязательным во всех морских учебных заведениях с 2011/2012 учебного года. Рабочая группа осуществляет свою деятельность на базе Херсонского государственного морского института. Насколько успешно она, эта группа, работает неизвестно. Однако и так понятно, что предстоит проделать достаточно серьезную

научно-методическую работу, поскольку современные методы менеджмента, как и принципы психологии организаций и поведения людей в морских государственных вузах и частных учебно-тренажерных центрах Украины находятся в зачаточном состоянии. Размыта даже терминология. Например, на сайте самого «крутого» одесского учебно-тренажерного центра и сегодня висит приглашение для моряков пройти достаточно дорогие платные курсы по «Ресурсам управления мостиком»? Это так в этом центре перевели название международного учебного курса для моряков «Bridge Resource Management». Вероятнее всего, так его и читают в Одессе, как перевели! Но за выдаваемый сертификат берут по полной мировой цене.... А бесплатных-то таких курсов нет, а в учебных планах и программах украинских государственных мореходок его тоже нет, а наличие его на мировом рынке труда моряков-подфлажников становится обязательным.... Вот и думай, «бедный Йорик» или «бедная Лиза»...!

ВИКОРИСТАННЯ МУЛЬТИМЕДІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ПОБУДОВІ ЕЛЕКТРОННИХ ТРЕНАЖЕРНИХ КОМПЛЕКСІВ

Остроумов І.В.
Національний авіаційний університет
(Київ, Україна)

Вступ. Процес підготовки кваліфікованих фахівців з керування складними системами безумовно спирається та вивчення принципів побудови та набуття навиків роботи з існуючими системами. Особливо це стосується підготовки фахівців з експлуатації авіаційної техніки, оскільки рівень їх освіти та розуміння принципів функціонування систем впливає на рівень безпеки польотів.

Актуальність дослідження. На сьогоднішній день великою популярністю користуються тренажерні комплекси, що дозволяють моделювати функції певних систем. Подібні системи являють собою певне програмне забезпечення, що розміщується на персональному комп'ютері. За допомогою інтерфейсу програми користувач може ознайомитись з принципами роботи та певними функціями системи, дослідити функціонування у певних умовах, виконати тестування та інші завдання. При цьому в основі подібних комп'ютерних програм знаходиться математична модель певної системи, відтворена подібно до реального обладнання, що застосовується на літаку.

Постановка задачі. На сьогоднішній день існує велика кількість методів та підходів до побудови тренажерних систем для дослідження принципів функціонування певного обладнання. Сучасні електронні ресурси дозволяють самонавчатися та опанувати нову інформацію майже з усіх галузей знань незалежно від мови навчання та місця. Проте така кількість електронних засобів не завжди гарантує якість розуміння та засвоєння потрібної інформації. Важливою складовою у будові сучасних електронних комплексів є використання мультимедійних технологій, що дозволяють відтворити інтерфейс взаємодії комп'ютерної моделі обладнання з користувачем.

Результати дослідження. Одним з найефективніших та перспективних засобів створення навчальних ресурсів є технологія мультимедійного кліпу, розроблена та запропонована компанією Macromedia Flash. Однією з найважливіших переваг застосування якої для навчальних цілей є можливість практичної реалізації майже будь-якого задуму автора. При цьому програмування зведене до мінімуму, що дозволяє розробнику сконцентрувати свої зусилля на розробці форми представлення для найкращого сприйняття інформації. Анімація, відео, звук, інтерактивні компоненти створюються у Flash дуже легко і порівняно з іншими програмами мають набагато менші розміри, що дуже важливо при організації Інтернет технологій. Крім того забезпечується порівняно високий рівень захисту інформації.

Велика кількість переваг зумовлюють необхідність у використанні для побудови електронних засобів навчання програмних засобів Adobe Flash, зокрема основними з них є:

- легкість та наочність у користуванні;
- гіпертекстова структура тексту;
- можливість створення унікального інтерфейсу;
- можливість широкого застосування відео- та аудіоданих, для перегляду яких немає у наявності на комп'ютері користувача певного програмного забезпечення;
- створення інтерактивних елементів будь-якої складності;
- використання мультимедійних презентацій;
- використання вбудованих функцій стиснення інформації дозволяє значно зменшити об'єм інформації, що передається через комп'ютерну мережу, та збільшити швидкість завантаження необхідної інформації;
- можливість захисту навчальної інформації від копіювання;

- поширеність застосування технології Flash робить її знайомою для багатьох користувачів.

За структурою побудови навчальні тренажерні комплекси повинні використовувати технологію «клієнт-сервер». При цьому за запитом на комп'ютер користувача передається та запускається певна програмна оболонка, що виконує функцію своєрідного програмного середовища для роботи з інформаційними ресурсами електронного тренажерного комплексу. Ця програмна оболонка повинна забезпечувати необхідний рівень захисту від копіювання навчальної інформації та крім того повинна передбачати можливість підготовки певних навчальних матеріалів до роздрукування.

Застосування модульної структури організації навчальної інформації, за якої потрібна інформація у вигляді модулів завантажується з сервера та відображається користувачу, є найбільш оптимальною, оскільки дозволяє підвищити швидкість взаємодії з користувачем та гнучкість функціонування. Після закінчення роботи з певним модулем він автоматично видаляється з комп'ютера користувача, а на його місце завантажується інший. Вбудовані алгоритми кодування забезпечують необхідний рівень захисту навчальної інформації та унеможливають окреме використання модульної інформації чи її збереження на комп'ютері користувача.

Використання мережі Інтернет для доступу до тренажерних комплексів є однією з основних переваг мультимедійних технологій, оскільки дозволяє виконувати вправи у будь-якому місці та у будь-який час. Відповідно до цього неодмінною складовою електронного тренажерного комплексу навчання є модуль реєстрації та аутентифікації користувача. Перед початком навчання цей модуль реєструє користувача у системі та присвоює йому певний пароль для подальшої роботи. Весь хід процесу навчання повинен реєструватися у спеціалізованій базі даних, що дозволить оцінювати набуті знання з певного напрямку.

При розробці інтерфейсу взаємодії з навчальними матеріалами необхідно широко застосовувати асоціативні елементи. Інтерактивна будова навчального курсу за допомогою програмних засобів Adobe Flash дозволяють застосовувати певні мультимедійні елементи для керування та навігації у навчальних матеріалах. Застосування легкоасоціативних елементів з певними діями дозволяють інтелектуально зрозуміло шукати та застосовувати навчальну інформацію.

При проектуванні та розробці інтерфейсу програмної оболонки необхідно враховувати ергономічні особливості, зокрема застосовувати правила оптимального розміщення елементів керування, теорію кольору та вибору оптимального для читання шрифту.

Програмна оболонка курсу електронного навчання повинна автоматично налаштовуватись для найкращого перегляду на комп'ютері користувача. При цьому повинні враховуватись:

- тип операційної системи;
- розміри зони відображення та характеристики монітору;
- тип схеми кольору;
- характеристики засобів доступу до мережі Інтернет, зокрема швидкість передачі інформації;
- тип мультимедійних засобів, установлених на комп'ютері користувача (таких як Web-камера, мікрофон, звукова система).

Висновки. Проаналізовані основні переваги застосування програмних засобів Adobe Flash для розробки електронних тренажерних комплексів вказують на доцільність її широкого застосування для побудови електронних навчальних ресурсів. Сучасні мультимедійні компоненти дозволяють створювати тренажерні комплекси, що повністю відтворюють існуюче обладнання та забезпечують наочність та легкість сприйняття інформації користувачем.

ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ ВИРОБНИЧИХ ЛАНОК ЛОГІСТИЧНОЇ СИСТЕМИ МОРСЬКОГО ТОРГОВОГО ПОРТУ

Степкова В.В.

ВНЗ «Херсонський державний морський інститут» (Україна),

Ігнатенко С.В.

Херсонський морський торговий порт (Україна)

Вступ. Економічні реалії України вимагають створення нових та реконструкції старих ланок логістичних систем доставки вантажів у змішаних перевезеннях. Це обумовлює проблеми визначення та оцінки ефективності їх функціонування в недетермінованому русі матеріальних потоків, що особливо важливо для дотримання основних принципів логістики, які направлені на забезпечення надійного та якісного виконання замовлення точно в строк.

Актуальність досліджень у цьому напрямку визначається необхідністю вирішення проблем, пов'язаних з оцінкою ефективності функціонування конкретної виробничої ланки логістичної системи, що потрібно при організації транспортування вантажів морським транспортом з виконанням необхідних вантажних робіт у порту. Загалом питання ефективності функціонування логістичних систем розглянуто у багатьох роботах вітчизняних та зарубіжних авторів, але в цих роботах відсутній єдиний підхід до проблеми та не враховується їх надійність [1].

Постановка задачі. Конкретний ланцюг логістичної системи може складатися з різних ланок, особливо важливими з них є виробничі, де у взаємодію з вантажем вступають машини та обладнання – перевантаження, транспортування, комплектація тощо. Саме ефективність роботи цих ланок суттєво впливає на ефективність функціонування всієї логістичної системи інтермодальних перевезень. Морський торговий порт є сукупністю невід'ємних виробничих ланок логістичного ланцюга морських перевезень. Тому визначення ефективності роботи окремої виробничої ланки та всієї логістичної системи морського торгового порту є актуальною задачею при проектуванні, організації та експлуатації логістичної системи.

Основний матеріал. Логістична система – це складне імовірнісне динамічне утворення, яке повністю або частково охоплює процеси виробництва, транспортування, складування та розподілу продукції.

Мета логістичної системи – доставка в задане місце потрібної кількості та асортименту максимально підготовлених для виробничого чи особистого споживання товарів та виробів при мінімальних витратах. Поряд з функціональними логістична система має також забезпечувальні підсистеми (фінансову, інформаційну, правову, кадрову та ін.).

Транспортно-виробнича система морського торгового порту з акваторією і водними та сухопутними транспортними підходами є досить складною, що обумовлює його особливий технологічний процес роботи.

У логістичному ланцюзі переробки вантажу може бути задіяна різна кількість ланок у залежності від обраного варіанту вантажних робіт у порту (прямий чи складський), та типу вантажу. У кожному випадку такий ланцюг можна вважати інваріантом загальної логістичної системи морського торгового порту. Саме таку систему, що об'єднує деяку кількість виробничих ланок, і будемо розглядати з позицій оцінки її ефективності з урахуванням надійності [2].

Ефективність функціонування логістичних систем, так само як і економічна ефективність та прибуток, є дуже складними економічними категоріями, щодо яких, на сьогоднішній момент, не існує однозначних трактувань. Для виміру її рівня звичайно використовують великий перелік різноманітних індикаторів [1].

За своїм економічним змістом усі показники ефективності представляють собою відношення результату (ефекту) до витрат або до ресурсів: ефект/витрати або ефект/ресурси.

Оскільки прибуток є основним показником ефективності функціонування логістичної системи, то в якості критерію економічної ефективності виступає максимізація прибутку на одиницю витраченого капіталу (ресурсів).

Ефект (лат. effectus – виконання, дія) – повне або часткове досягнення певних техніко-економічних цілей. Потрібно відмітити, що ефект є абсолютним показником діяльності, а ефективність – відносним.

Можна обґрунтовано стверджувати, що кількісне уявлення про ці категорії є основою для економічного методу управління логістичною системою [3].

Інтегральний показник ефективності є кількісним показником, що визначається як відношення параметра вихідного ефекту Q до загальних витрат логістичної системи Z :

$$E = \frac{Q}{Z} \quad (1)$$

Вихідним ефектом логістичної системи є її властивість забезпечувати проходження матеріального потоку (вантаж, товар) наскрізно, через усі ланки логістичного ланцюга від початкового (постачальник, виробник) до кінцевого пункту (споживача) з обліком можливих втрат та простоїв за рахунок ненадійності та організаційних факторів. Таким чином

$$Q = \sum_{i=1}^m q_i t_p V_i, \quad (2)$$

де m – кількість одиниць потоку;

q_i – реальний темп логістичного процесу, одиниць/год.;

t_p – річний фонд часу системи, год.;

V_i – вартість проходження одиниці потоку, грн.

Реальний темп логістичного процесу визначається його прогнозними значеннями і втратами в процесі функціонування (втрати при транспортуванні і зберіганні, розкрадання тощо):

$$q_i = (1 - a_i) \bar{q}_i, \quad (3)$$

де a_i – параметр втрат потоку продукції при транспортуванні і зберіганні тощо;

\bar{q}_i – прогнозний темп логістичного процесу, одиниць/год.

Річний фонд робочого часу логістичної системи залежить від фонду часу функціонування системи й втрат часу, обумовлених зупинками на планове технічне обслуговування й ремонту технологічного устаткування, простоями через його відмови, а також унаслідок організаційних причин.

Відповідно до цього річний фонд робочого часу можна представити у наступному вигляді:

$$t_p = t_k - (t_n + t_m + t_e) - t_{opz}, \quad (4)$$

де t_k – календарний фонд часу, год./рік;

t_n – тривалість планових ремонтів у робочий період функціонування системи, год./рік;

t_m – тривалість технічного обслуговування в робочий період функціонування системи, год./рік;

t_e – тривалість простоїв виробничої системи через відмови технологічного устаткування, год./рік;

t_{opz} – тривалість організаційних простоїв, год./рік.

Організаційними простоями називаються зупинки функціонування логістичної системи, обумовлені відсутністю паливо-мастильних матеріалів, енергоресурсів, неуккомплектованістю виробничого персоналу, нераціональним використанням

устаткування й виробничого персоналу, а також іншими організаційно-управлінськими факторами. Кількісною характеристикою організаційних простоїв є відношення тривалості організаційних простоїв до тривалості календарного періоду:

$$y = \frac{t_{opz}}{t_k} \quad (5)$$

і позначивши коефіцієнт технічного використання фонду часу, як

$$k_{m.e.} = 1 - \frac{t_n + t_m + t_e}{t_k}, \quad (6)$$

для визначення тривалості робочого періоду одержимо наступну формулу:

$$t_p = (k_{m.e.} - y)t_k \quad (7)$$

Таким чином параметр вихідного ефекту логістичної системи матиме вигляд:

$$Q = \sum_{i=1}^m (1 - a_i) \bar{q}_i (k_{m.e.} - y) t_k V_i \quad (8)$$

Витрати на функціонування логістичної системи складаються з витрат на витратні матеріали, що задіяні у виробничому процесі (запчастини, комплектуючі, допоміжні матеріали) – B_1 , на оплату праці виробничого персоналу – B_2 , вартості виробничих будівель і споруд – B_3 , витрат на енергоспоживання – B_4 , екологічний захист – B_5 та вартості технологічного устаткування з урахуванням надійності – B_6 .

Тобто,

$$Z = B_1 + B_2 + B_3 + B_4 + B_5 + B_6. \quad (9)$$

Тоді інтегральний показник ефективності можна представити таким чином:

$$E = \frac{\sum_{i=1}^m (1 - a_i) \bar{q}_i (k_{m.e.} - y) t_k V_i}{B_1 + B_2 + B_3 + B_4 + B_5 + B_6}. \quad (10)$$

Розглянемо детально, що входить до складу витрат на функціонування логістичної системи (9).

Витрати на витратні матеріали, що задіяні у виробничому процесі, визначаються їхньою номенклатурою, кількістю і вартістю:

$$B_1 = \sum_{i=1}^n m_i C_i, \quad (11)$$

де n – номенклатура витратних матеріалів;

m_i – кількість витратних матеріалів, шт. (т);

C_i – вартість витратних матеріалів, грн./[шт. (т)].

Виробничий персонал торгового порту будемо представляти у вигляді трьох основних груп: оператори технологічного устаткування; працівники служби управління й інженерного обслуговування; ремонтники.

Витрати на оплату праці виробничого персоналу будемо визначати з обліком тільки перших двох груп, оскільки оплата праці ремонтників враховується в економічному показнику надійності технологічного устаткування. При цій умові складова експлуатаційних витрат у виробничій системі, пов'язана з оплатою виробничого персоналу

$$B_2 = \sum_{j=1}^k z_j Z_p + z_y Z_y, \quad (12)$$

де k – число об'єктів технологічного й енергетичного устаткування;

z_j – чисельність операторів, що обслуговують j -й об'єкт технологічного устаткування;

Z_p – середня річна зарплата операторів технологічного устаткування, грн./чол.-год.;

z_y – чисельність управлінського й інженерно-технічного персоналу виробничої системи;

Z_y – середня річна зарплата управлінського й інженерно-технічного персоналу виробничої системи, грн./чол.-год.

Річна складова експлуатаційних витрат на будинки й спорудження дорівнює відношенню будівельно-монтажних витрат на термін служби:

$$B_3 = \frac{C_c}{T_c}, \quad (13)$$

де C_c – вартість виробничих будинків і споруджень, грн.;

T_c – термін служби будинків і споруджень, років.

Експлуатаційні витрати на енергоспоживання дорівнюють добутку обсягу енергії, витраченої при функціонуванні системи, на вартість одиниці енергії:

$$B_4 = \sum_{j=1}^n e_j C_e, \quad (14)$$

де e_j – річне споживання енергії j -м об'єктом технологічного устаткування;

C_e – вартість одиниці енергії.

У свою чергу, річне споживання енергії і її вартість визначаються видом енергії. У виробничих системах, як правило, використовуються два види енергії: електрична енергія й теплота (горючих матеріалів і теплоносіїв). Стосовно до електричної енергії формула для визначення енергоспоживання прийме вигляд:

$$B_4^e = \sum_{j=1}^k N_j t_y C_{кВм}, \quad (15)$$

де N_j – встановлена потужність j -го об'єкта технологічної системи, кВт;

t_y – робочий період експлуатації технологічного устаткування, год.;

$C_{кВм}$ – вартість 1 кВт·год. електроенергії, грн./(кВт·год.).

Формула для визначення енергоспоживання теплоти запишеться наступним чином:

$$B_4^m = \sum_{j=1}^k G_j t_y C_m, \quad (16)$$

де G_j – витрата носія енергії, кг/год.;

C_m – вартість 1 кг носія енергії, грн./кг.

Економічні наслідки викиду екологічно шкідливих відходів виробництва в навколишнє середовище визначаються їхньою масою, вартістю захисних споруджень і штрафних санкцій при відсутності таких споруджень. Відповідно до цього

$$B_5 = k_{ек} m_{відх} Ц_{ек}, \quad (17)$$

де $k_{ек}$ – коефіцієнт штрафних санкцій через викид екологічно шкідливих відходів у навколишнє середовище;

$m_{відх}$ – маса екологічно шкідливих відходів, що утворюються протягом року при функціонуванні системи;

$Ц_{ек}$ – питома вартість витрат на створення екологічних захисних споруджень, грн./т.

Переходячи до розгляду експлуатаційних витрат, пов'язаних з технологічним устаткуванням, слід зазначити, що в рамках цієї проблеми найменш розробленими є економічні аспекти надійності технологічного устаткування. Разом з тим недостатня увага до економічних проблем надійності технологічного устаткування стає серйозною перешкодою на шляху впровадження прогресивного технологічного устаткування й економічних систем ремонту й технічного обслуговування. У цей час витрати на поновлення, ремонт і технічне обслуговування технологічного устаткування однозначно визначаються коефіцієнтом амортизаційних відрахувань. Сталість цього коефіцієнта визначає незмінність відрахувань на поновлення й ремонт устаткування незалежно від

надійності устаткування, конкретних умов виробництва й удосконалення ремонтних робіт. При такій постановці питання економічно не стимулюються роботи з підвищення надійності технологічного устаткування, що досить істотно позначається на ефективності виробництва.

Таким чином, витрати, обумовлені недостатньою надійністю технологічного устаткування, досягають значних розмірів і повинні неодмінно враховуватися при економічній оцінці ефективності виробничих ланок логістичних систем.

Однак при всій очевидності цієї проблеми рішення її буде гальмуватися, якщо не з'єднати показники ефективності логістичної системи твердим економічним зв'язком з її надійністю. Виконати це можливо, якщо витрати на функціонування виробничих ланок логістичної системи розглядати з урахуванням економічного показника надійності. Відповідно до цього складова B_6 річних витрат, обумовлена технологічним устаткуванням,

$$B_6 = \sum_{j=1}^k \frac{C_j}{T_j} (1 + H_j), \quad (18)$$

де k – кількість технологічних об'єктів (комплексів машин), що входять до складу виробничої системи;

C_j – вартість j -го технологічного об'єкта, грн.;

T_j – термін служби j -го технологічного об'єкта, років;

H_j – економічний показник надійності j -го технологічного об'єкта, грн./грн.

Розрахунок економічного показника надійності наведено в роботі [2].

Висновки. Таким чином, встановлено, що параметр вихідного ефекту логістичної системи можна визначити за формулою (8), а розрахувавши витрати на функціонування логістичної системи (9), отримуємо вираз для інтегрального показника ефективності роботи виробничих ланок логістичної системи морського торгового порту (10), який враховує параметри надійності.

Загалом ефективність логістичної системи визначається її технічним рівнем, станом основних фондів та їх відповідності сучасним вимогам, кваліфікацією персоналу, надійністю та втратами в процесі діяльності.

Застосування економічного показника надійності (8), який розглянуто в роботі [2], дасть змогу інтегрально оцінити якість та ефективність роботи виробничих ланок логістичної системи морського торгового порту з позицій довговічності, безвідмовності та стійкості.

Ефективна та надійна робота морського торгового порту є запорукою якісного виконання інтермодальних перевезень вантажів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Савицкая Г.В. Критерии и показатели экономической эффективности. В кн.: Анализ эффективности деятельности предприятия. – М.: ООО «Новое издание», 2003. – 160 с.
2. Степкова В.В., Степков В.М. Надійність логістичної системи мультимодальних перевезень: матеріали другої Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2010)», (м. Херсон, 25-27 травня 2010 року). Том 2. – Херсон: ХДМІ, 2010. – С. 260-262.
3. Прокопенко А.В., Степков В.М. Надежность соединений. В кн.: Надежность в машиностроении: Справочник. – СПб.: Политехника, 1992. – 719 с.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ И РЕМОНТА СЭУ

Сухочев И.П.

Вуз «Херсонский государственный морской институт»
(Украина)

Введение. Приводится пример составления математической модели диагностики и ремонта СЭУ, что позволяет наглядно оценить проблему и сделать выводы.

Актуальность. Техническая эксплуатация СЭУ на базе информационных технологий требует высокого уровня обработки, анализа информации, что приводит к более точной словесно-рекомендательной форме представления информации.

Основная часть. СЭУ состоит из двух независимо работающих блоков А и В, каждый из которых собран из нескольких независимых элементов (рис. 1), вероятности отказов которых

$$P_1 = P_2 = 0,2, P_3 = P_4 = P_7 = 0,3, P_5 = P_6 = 0,25, P_8 = 0,278 \quad (1)$$

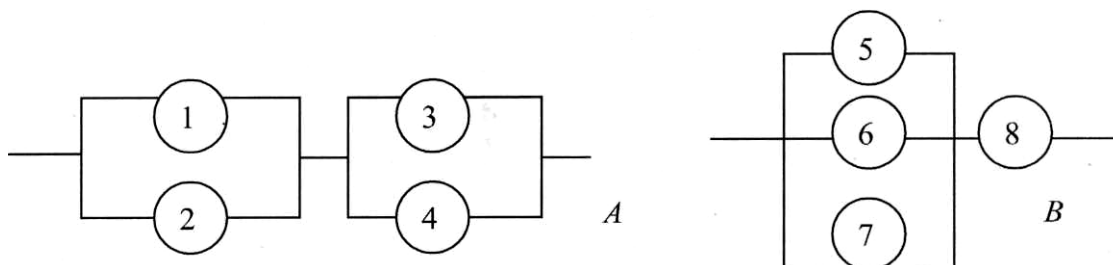


Рисунок 1 – Структура СЭУ

При отказе блока он подлежит полной замене, причем стоимость замены блока А равна $C_1 = 5$ единицам стоимости, блока В $C_2 = 10$ единицам. Предполагается, что за определенный период времени T ни один блок не потребует повторной замены.

Найти случайную величину η – стоимость восстановления прибора за период времени T :

1. построить ряд и функцию распределения,
2. вычислить математическое ожидание, дисперсию и среднее квадратическое отклонение,
3. построить многоугольник распределения и график функции распределения,
4. провести эксперимент методом жребия и по критерию Пирсона оценить теоретическое распределение на уровне значимости $\alpha = 0,05$.

1. Определим значения случайной величины η , которая является дискретной. Случайная величина η «стоимость ремонта» может принимать только четыре значения: $X_1 = 0$ – ни один блок не потребует замены; $X_2 = C_1 = 5$ – только блок А потребует замены; $X_3 = C_2 = 10$ – только блок В потребует замены; $X_4 = C_1 + C_2 = 15$ – оба блока потребуют замены. Чтобы вычислить вероятность каждого из значений X_i , следует сначала найти вероятности выхода из строя блоков А и В.

Обозначим А – выход из строя блока, A_i – отказ i -го элемента ($i = 1,2,3,4$). Блок А откажет, если откажет хотя бы одна из его частей (первая состоит из элементов 1 и 2, вторая – 3 и 4). Первая часть откажет, если откажут оба элемента, т.е. произойдет событие А; A_2 , вторая – если произойдет A_3A_4 . По определению суммы событий

$$A = A_1A_2 + A_3A_4$$

В силу теоремы сложения вероятностей совместных событий

$$P(A) = P(A_1A_2 + A_3A_4) = P(A_1A_2) + P(A_3A_4) - P(A_1A_2A_3A_4)$$

В силу независимости событий A_i получим

$$P(A) = P(A_1) \cdot P(A_2) + P(A_3) \cdot P(A_4) - P(A_1) \cdot P(A_2) \cdot P(A_3) \cdot P(A_4) = 0,2 \cdot 0,2 + 0,3 \cdot 0,3 - 0,2 \cdot 0,2 \cdot 0,3 \cdot 0,3 = 0,1264$$

Определим вероятность того, что блок A не откажет за время T (событие \bar{A})

$$P(\bar{A}) = 1 - P(A) = 1 - 0,1264 = 0,8736$$

Обозначим B – выход из строя блока B , а B_i – отказ i -го элемента $i = 5, 6, 7, 8$. Блок B потребует ремонта, если откажут все элементы ветви, состоящей из элементов 5, 6 и 7, или элемент 8, а также если откажут все четыре элемента, т.е. событие B может быть записано следующим образом

$$B = B_5 B_6 B_7 + B_8$$

В силу совместности и независимости событий $B_i (i = 5, 6, 7, 8)$ вероятность события B определяется формулой

$$P(B) = P(B_5)P(B_6)P(B_7) + P(B_8) - P(B_5)P(B_6)P(B_7)P(B_8)$$

Таким образом,

$$P(B) = P_5 P_6 P_7 + P_8 - P_5 P_6 P_7 P_8 = 0,25 \cdot 0,25 \cdot 0,3 + 0,278 - 0,25 \cdot 0,25 \cdot 0,3 \cdot 0,278 = 0,2915$$

Найдем вероятность безотказной работы блока B :

$$P(\bar{B}) = 1 - P(B) = 1 - 0,2915 = 0,7085$$

Найдем вероятности значений случайной величины η .

Случайная величина имеет значение $X_1 = 0$, если произойдет событие $\bar{A} \cdot \bar{B}$ (оба блока исправны за время T). События \bar{A} , \bar{B} независимы, поэтому

$$P(\eta = 0) = P(\bar{A})P(\bar{B}) = 0,8736 \cdot 0,7085 = 0,6189$$

(ограничение при вычислениях в четвертом знаке после запятой).

Значение $X_2 = 5$ принимается, если отказывает блок A и не отказывает блок B , т.е.

$$P(\eta = 5) = P(A)P(\bar{B}) = 0,1264 \cdot 0,7085 = 0,0896$$

$P(\eta = 10) = P(\bar{A}B)$ так как должен отказать только блок B , т.е.

$$P(\eta = 10) = 0,8736 \cdot 0,2915 = 0,2547$$

И последнее значение $P(\eta = 15) = P(AB) = P(A)P(B) = 0,1264 \cdot 0,2915 = 0,0368$

Запишем полученные результаты в табл. 1, которая и будет являться рядом распределения рассматриваемой случайной величины η .

Таблица 1 – Ряд распределения рассматриваемой случайной величины η

X_i	0	5	10	15	Σ
P_i	0.6189	0.0896	0.2547	0.0368	1.0000

Выводы. Можно составить более точную модель любой СЭУ. Для этого необходимо:

- 1) выбрать СЭУ или электроэнергетическую установку;
- 2) составить структурную схему;
- 3) оценить вероятность P_i элементов схемы;
- 4) оценить стоимость ремонта блоков;
- 5) составить и просчитать модель диагностики и ремонта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мозгалецкий А.И., Калявин В.П. Системы диагностирования судового оборудования. – М., 1987.
2. Кузнецов С.Е. и др. Техническая эксплуатация технического электрооборудования. – М., 2010.

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ПОЛЬОТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ МУЛЬТИМЕДІЙНИХ ЗАСОБІВ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ АВІАДИСПЕТЧЕРІВ

Харченко В.П., Чинченко Ю.В.
Національний авіаційний університет
(Київ, Україна)

Вступ. Інтеграція України до міжнародної авіаційної спільноти та сучасні вимоги Міжнародної організації цивільної авіації вимагають розробки методологічних основ безпеки польотів на основі застосування положень системного підходу і наукоємних технологій в авіаційній галузі [1].

Актуальність дослідження. Основу освітнього процесу при дистанційному та самостійному навчанні становить цілеспрямована і контрольована робота студентів, які можуть вчитися в комфортному для себе місці, у зручний час. Це вимагає наявності відповідних освітніх ресурсів, що містять лекції, практичні заняття, контрольні запитання, тезауруси, глосарії, тести, тренажери тощо. Також актуальним питанням є організація ефективного зворотного зв'язку з викладачем.

Постановка задачі. У цьому напрямку Національним авіаційним університетом розроблено та успішно використовується мережевий інформаційний ресурс elearning.nau.edu.ua, що надає можливість організувати дистанційне та самостійне навчання за дисциплінами напряму підготовки «Аеронавігація».

Результати проведених досліджень. До складу розробленого освітнього ресурсу на сервері кафедри Аеронавігаційних систем включено такі окремі модулі:

- Курс дистанційного навчання для ВНЗ «Безпека аеронавігації»;
- Електронний навчальний комплекс TCAS;
- Глосарій міжнародних авіаційних акронімів та термінів;
- Електронний підручник для ВНЗ «Основи теорії прийняття рішень у системі обслуговування повітряного руху».

В теперішній час на кафедрі аеронавігаційних систем під керівництвом проректора з наукової роботи НАУ, д.т.н., професора Харченко В.П. активно ведуться роботи з розширення існуючих та створення нових 30-ти модулів, стандартизованих мережевих електронних підручників за програмами навчальних дисциплін кафедри.

Курс дистанційного навчання для ВНЗ «Безпека аеронавігації». Курс забезпечує можливість демонстрацій на екрані монітору комп'ютера усіх складових занять у статичному, динамічному та інтерактивному режимах. Практичний компонент курсу – реалізація тренінгу та закріплення знань, умінь та навичок.

Для ефективного функціонування курсу дистанційного навчання «Безпека аеронавігації» та його використання в навчальному процесі розроблено: матеріали за 4-ма розділами курсу дистанційного навчання (16 тем у галузі безпеки авіації), відеоматеріали до кожної теми курсу, заключний тест та довідкові мультимедійні матеріали за тематикою безпеки польотів.

Електронний навчальний комплекс TCAS. Програмний комплекс дає можливість виконувати задачі оцінки в реальному масштабі часу ймовірності виникнення різних класів повітряних ситуацій на основі спостережень. Алгоритми моделювання зустрічного повітряного руху, використані у ЕНК TCAS, відтворюють сценарій конфліктної ситуації з вибором випадкової траєкторії руху. Це дозволяє відтворювати різні ситуації та відпрацьовувати реакцію на різні повідомлення TCAS. Оскільки доступ до ЕНК забезпечується через мережу Інтернет, стає можливим тренування великої кількості користувачів без необхідності встановлення додаткового програмного забезпечення на окремі комп'ютери.

Глосарій міжнародних авіаційних акронімів та термінів. Глосарій використовується авіаційним персоналом для англійсько-українсько-російського зіставлення та тлумачення авіаційних акронімів та термінів, а також застосовується у сфері авіаційної професійної підготовки фахівців. У глосарії (рис. 1) впорядкована сукупність авіаційних акронімів та термінів, що використовується в міжнародних документах JAR, ІКАО, Євроконтролю та інших авіаційних організацій (приблизно 6500 термінів авіаційної тематики).

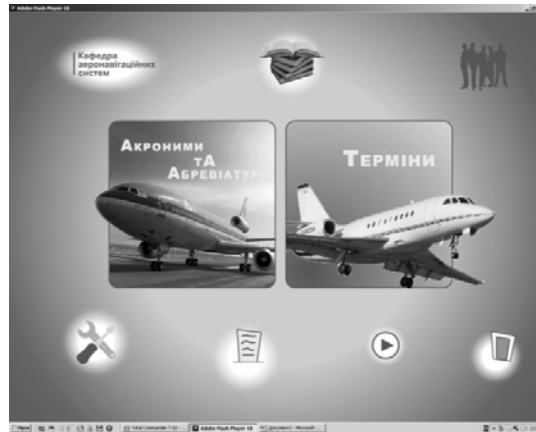


Рисунок 1 – Головна навігаційна форма глосарію авіаційних термінів

Електронний підручник для ВНЗ «Основи теорії прийняття рішень у системі обслуговування повітряного руху». Електронний підручник включає різноманітні тренувальні вправи для засвоєння матеріалу для: понятійного рівня (терміни, поняття, означення, правила, закони тощо), репродуктивного рівня (типові ситуації, використання конкретних правил у типових ситуаціях, прийняття рішень за шаблоном та зразком, формування умінь та навичок студентів) та творчого рівня (використання засвоєних знань у комплексі, міжпредметні зв'язки; самостійний вибір відповіді з вивченого матеріалу).

Електронний підручник має ієрархічну структуру мультимедійних компонентів, що взаємопов'язані між собою (рис. 2)

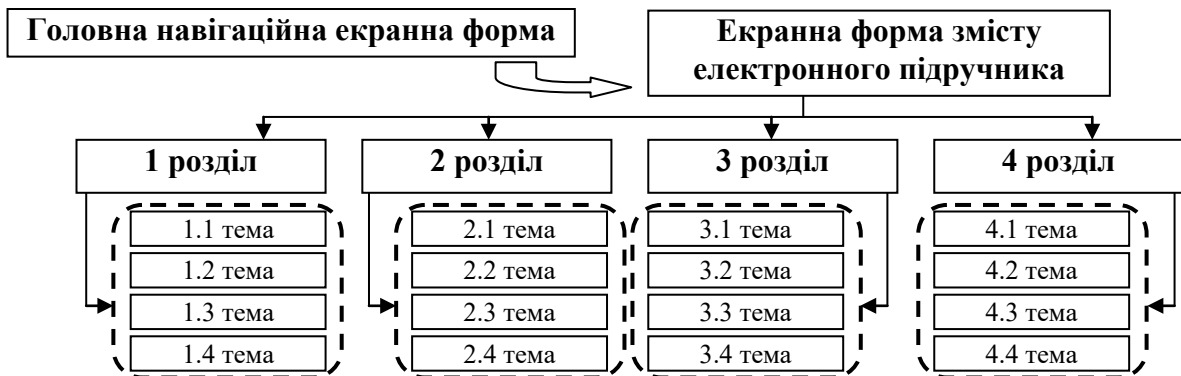


Рисунок 2 – Ієрархічна структура екранних форм електронного підручника

Висновки. Розробка та впровадження освітнього ресурсу elearning.nau.edu.ua сприяє підвищенню якості, доступності та конкурентоспроможності національної транспортної системи на світовому ринку аеронавігаційних послуг у галузі цивільної авіації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Енциклопедія безпеки авіації / М.С.Кулик, В.П.Харченко, Ю.В.Чинченко и др. – К.: Техніка, 2008. – 1000 с.

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ ОБИТАЕМОСТИ НА ПЛАВУЧИХ ДОКАХ

Щедролосев А.В., Терлыч С.В.

Херсонский филиал Национального университета кораблестроения
им. адмирала Макарова
(Украина)

Введение. Период ремонта является неотъемлемой составляющей судна, который практически всегда связан с докованием. При создании новых проектов композитных плавучих несамоходных ремонтных доков следует обращать особое внимание на довольно широкую номенклатуру торговых и промысловых судов, водоизмещение которых лежит в достаточно широком диапазоне. Так же нужно учесть, что за последние 15-20 лет требования к условиям эксплуатации доков существенно отличаются от принятых в бывшем СССР. Для судов и доков, которые строятся для иностранных заказчиков, условия обитаемости должны соответствовать Международной конвенции IMO STCW, требования которой очень часто не стыкуются с Санитарными нормами для морских судов. В Украине на данный момент не существует единого комплекса документов, которые регламентируют условия проживания и работы экипажа при доковании судна, в связи с этим используются нормативы, принятые в 1970-х годах, что не всегда оправдано как с экономической, так с эстетической точки зрения. В связи с этим оптимальное определение основных параметров и характеристик, связанных с обеспечением размещения и быта экипажей дока и докуемого судна, является *актуальной задачей* современного докостроения [1].

Постановка задачи. В исследовании предусматривается сравнительный анализ требований к основным характеристикам помещений несамоходных плавучих доков, наиболее применяемых в Украине, странах СНГ и зарубежье, разработка методик и рекомендаций выбора оптимальных величин площадей помещений, конструктивных типов кают, их взаиморасположения и соответствия мировым стандартам пожаробезопасности и шумоизоляции. Основной задачей при этом является перепланировка жилых и общественных помещений существующих проектов плавучих доков, не увеличивая их площадь (при возможности уменьшая), создавая при этом больше свободного пространства для экипажа, предусматривая также возможность упрощения монтажа основных элементов кают.

Анализ последних исследований и публикаций. Исследованию вопросов обитаемости и жизнеобеспечения на несамоходных судах посвящено достаточно много публикаций и изобретений. Следует отметить разработки В.В. Розина, Б.А. Царёва, И.А. Гайковича, В.В. Вицинского, А.А. Мильто, Н.Н. Егорова, Ю.Н. Головни, Н.О. Сурова, Н.Н. Корчевской и др. Рассмотрен также ряд зарубежных патентов, публикаций и каталогов модульных кают, элементов зашивки, судовой мебели и дельных вещей. В то же время многие из выводов вышеперечисленных авторов устарели, не соответствуют действующим стандартам, эргономики и эстетики, нормам безопасности либо экономически неэффективны для применения на плавучих доках, помещения которых имеют особые размерно-конструктивные характеристики [2].

Цель статьи – разработать практический алгоритм определения основных геометрических характеристик обитаемости экипажа плавучего дока, учитывая его назначение, главные размерения, район базирования, автономность.

Основной материал. Физическое и моральное устаревание судов торгового и промышленного флотов, пополнение судоходных компаний новыми плавсредствами требует разработок средств для их обслуживания и ремонта, среди которых главную роль играют плавучие доки. При проектировании новых судоподъемных сооружений уровень

обитаемости должен обеспечивать рациональную планировку жилых, общественных и служебных помещений, достаточные меры для снижения шумов и вибрации.

В исследовании проведён анализ требований для плавучих доков, построенных в Украине в период 2000-2010 годов.

При вычислениях введены следующие обозначения:

$F, F_{МК}, F_{СБ}, F_{КБ}$ – соответственно площадь каюты команды, блок-каюты, санблока, кабинета начальника дока (капитана судна), м²;

$n_{ЭКС}, n_{ЭКД}$ – соответственно количество членов экипажа докуемого судна и плавдока, чел.;

$F_M^K, F_{МК}^M, F_{СБ}^M, F_{КБ}^M$ – соответственно площади в каютах $F_K, F_{МК}, F_{СБ}, F_{КБ}$, предназначенные для установки мебели, м².

Площадь санблока принята $F_{СБ} = 1,2 \times 1,5 = 1,8$ м², что соответствует стандартным размерам ИМО STCW и делает возможным применение модульных санблоков.

Соотношение ширины b_K и длины l_K жилой каюты должно соответствовать зависимости (1), что регламентировано Санитарными нормами и делает возможным рационально использовать каюту для расстановки мебели.

$$\frac{b_K}{l_K} \leq 0,25 \quad (1)$$

Для площади жилой каюты либо блок-каюты страшого комсостава введено условие (2).

$$\begin{cases} F_K \rightarrow \min \\ F_{МК} \rightarrow \min \end{cases} \quad (2)$$

Это обусловлено следующими соображениями:

- на плавсредстве находится значительное количество людей и, не выполнив условие (2), не всегда возможно разместить в жилой башне дока другие необходимые помещения;

- экипажи плавдока и докуемого судна не находятся в открытом море во время ремонта (реновации, утилизации, переоборудования) и имеют периодическую возможность «схождения на берег» и даже покинуть территорию судоремонтного предприятия, следовательно нет необходимости обеспечения комфорта, соответствующего условиям проживания плавсостава во время рейса.

Ширина каюты b_K напрямую зависит от ширины башни плавдока. И может быть определена как (3):

$$b_K = B_m - b - b_{КОР}, \quad (3)$$

где: B_m – максимальная ширина дока, м; b – ширина башни дока, м; величина b – стандартная и зависит от типа докового крана, применяемого на плавсредстве, количества принимаемого балласта и степени непотопляемости;

$$b \subseteq \{3,4\text{м}; 4,5\text{м}; 5,5\text{м}; 6,17\text{м}\},$$

где: $b_{КОР}$ – ширина коридора жилой башни; на отечественных плавдоках может составлять 0,8 либо 1,0 м.

На судостроительных предприятиях Украины применение модульных систем для несамоходных судов проводилось эпизодически, т.е. зашивка происходит «по месту» с применением ручного инструмента. Проведенное авторами исследование [1] позволило сделать вывод о целесообразности зашивки помещений плавучих доков проектов, указанных в таблице 1, отечественной однорядной модульной системой М100.

Таким образом, справедливо условие (4):

$$\begin{cases} l = m \cdot \Delta l \\ b = m \cdot \Delta b, \end{cases} \quad (4)$$

где: $m=0,1$ м – модуль системы; Δl – количество модулей системы по длине каюты; Δb – количество модулей системы по ширине каюты.

Так же необходимо учесть возможность применения стандартных модульных кают либо блок-модулей, т.е. размеры $l \times b$ должны соответствовать ряду типовых кают для возможности выбора их по каталогам:

$$\left[\begin{array}{l} l \in \{l_1, l_2, \dots, l_i, \dots, l_n\} \\ b \in \{b_1, b_2, \dots, b_i, \dots, b_n\} \end{array} \right], \quad (5)$$

где l_i, b_i – соответственно длина и ширина стандартной каюты, принятые по каталогам, м.

Анализ [2] подтвердил, что на несамоходных плавучих сооружениях количество кают всегда больше необходимого, в связи с этим выполнен расчет оптимального количества спальных мест для плавучих доков.

Общее количество спальных мест рассчитано, как:

$$n = n_{\text{ЭКС}} + n_{\text{ЭКД}} + 2. \quad (6)$$

Количество членов экипажа докуемых судов в исследовании пересмотрено. Это связано со следующими факторами:

- для указанных проектов плавучих доков расчётные докуемые суда подбирались 20-25 лет назад, экипажи которых формировались по нормам Министерства Морского флота СССР;

- в наше время как в Украине, так и за рубежом количество членов экипажа существенно сокращено за счёт совмещения специальностей и увеличения степени автоматизации судов;

- составляющие весовые нагрузки судов, построенных в 1970-х годах и современных, значимо отличаются при одинаковом водоизмещении.

Количество членов палубной и машинной команды определяется по статистическим данным в зависимости от водоизмещения судна в полном грузу Δ и мощности энергетической установки N_s . При этом использовались материалы судоходных компаний Maersk, China Shipping, Nord Stare Marine.

Определение количества членов экипажа докуемого судна для каждого проекта произведёно по разработанному алгоритму:

1. Принимается подъёмная сила судна по проектной документации, P [3].
2. Определяется водоизмещение расчётного судна порожнем [4]:

$$\Delta_{\text{ПОР}} = \frac{P}{1,12}, \text{ тс.} \quad (7)$$

3. Определяем водоизмещение судна в полном грузу [5]:

$$\Delta = \frac{\Delta_{\text{ПОР}}}{1 - \eta_{\text{DW}}}, \text{ тс,} \quad (8)$$

где η_{DW} – коэффициент утилизации по дедвейту; принимается по статистическим данным в зависимости от полученного значения $\Delta_{\text{ПОР}}$. Для доков проекта «Торос» и «Север» в качестве расчётного докуемого объекта принимается «гражданский» вариант.

4. Рассчитывается мощность для ряда скоростей в зависимости от значения Δ и типа судна. Тип судна принимается без изменений, как для расчётного судна:

$$N_s = \frac{\Delta^{\frac{1}{2}} \cdot V_s^{\frac{5}{2}}}{C}, \text{ кВт} \quad (9)$$

где: V_s – расчётная скорость, уз; принимается, как у расчётного судна дока,

C – адмиралтейский коэффициент; принимается, как у расчётного судна для рассматриваемого дока.

5. Выбор судна, аналогичного по характеристикам расчётному судну, по каталогам, конструкторской документации либо данным официальных сайтов судоходных компаний.

6. Принятие количества членов экипажа $n_{\text{ЭЭН}}$ в соответствии со спецификацией судна.

Расчётная база для исследуемых проектов композитных плавучих доков представлена в виде массива (10).

$$\begin{pmatrix} \Delta_{\text{пор}}^1 & n_{\text{ЭКС}}^1 & n_{\text{ЭКД}}^1 & F_{\text{КК}}^1 & n_{\text{БК}}^1 & B_{\text{Б}}^1 \\ \Delta_{\text{пор}}^2 & n_{\text{ЭКС}}^2 & n_{\text{ЭКД}}^2 & F_{\text{КК}}^2 & n_{\text{БК}}^2 & B_{\text{Б}}^2 \\ \Delta_{\text{пор}}^3 & n_{\text{ЭКС}}^3 & n_{\text{ЭКС}}^3 & F_{\text{КК}}^3 & n_{\text{БК}}^3 & B_{\text{Б}}^3 \\ \Delta_{\text{пор}}^4 & n_{\text{ЭКС}}^4 & n_{\text{ЭКС}}^4 & F_{\text{КК}}^4 & n_{\text{БК}}^4 & B_{\text{Б}}^4 \\ \Delta_{\text{пор}}^5 & n_{\text{ЭКС}}^5 & n_{\text{ЭКС}}^5 & F_{\text{КК}}^5 & n_{\text{БК}}^5 & B_{\text{Б}}^5 \end{pmatrix}, \quad (10)$$

где: $\Delta_{\text{пор}}^i$ – водоизмещение порожнем i -го докуемого плавсредства, тс;

i – количество рассматриваемых проектов плавучих доков;

$i = 5$, для данного исследования;

$n_{\text{ЭКС}}^i$ – количество членов экипажа для докуемого судна;

$n_{\text{ЭКД}}^i$ – количество членов экипажа плавучего дока, согласно спецификации;

$F_{\text{КК}}^i$ – площадь кают-компании i -го проекта плавучего дока, м²;

$n_{\text{БК}}^i$ – количество блок-кают для i -го проекта плавучего дока;

$B_{\text{Б}}^i$ – ширина башни плавучего дока.

Применив метод кинематического синтеза, получены оптимальные данные геометрических и конструктивных параметров помещений рассматриваемых проектов плавучих доков. Также проведён сопоставимый анализ с результатами, полученными в [2].

Вывод. Разработан принципиально новый подход.

ЛІТЕРАТУРА

1. Щедролюсєв О.В. Сучасний стан модульного формування приміщень на плавучих доках / Щедролюсєв О.В., Терлич С.В. // Зб. наук. праць НУК. – Миколаїв: УДМТУ, 2008. – №1 (418). – С. 94-99.
2. Терлич С.В. Розмірний та конструктивний аналіз приміщень на плавдоках / Терлич С.В. // Вісник СевНТУ. Механіка. Енергетика. Екологія. – Севастополь: СевНТУ, 2008. – № 88 – С. 52-55.
3. Проектування, технологія та організація будівництва композитних плавучих доків / [О.С. Рашковський та ін.]; під наук. ред. О.С. Рашковського: Монографія. – Миколаїв: НУК: РАЛ-поліграфія, 2008. – 614 с.
4. Анитропов В.А. Особенности утилизации судов атомного технического обслуживания / Анитропов В.А., Александров Н.И., Тарасов И.Н. // журнал «Судостроение», 2004. – № 3. – С. 54-58.

**СЕКЦІЯ 6:
ПРОБЛЕМИ НАДІЙНОСТІ ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ**

АКТУАЛЬНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ МАГНІТНОЇ ОБРОБКИ ПАЛИВА В СУДНОВИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВКАХ

Андреев А.А., Максимов В.І., Коновалов Д.В.

Херсонська філія Національного університету кораблебудування ім. адмірала Макарова
(Україна)

Раціональне використання палива й енергетичних ресурсів, останнім часом, є доволі актуальним і важливим питанням в Україні й у світі. Власники судноплавних компаній прагнуть до зменшення витрати палива в загальній частині експлуатаційних витрат суднової енергетичної установки. Досягається це різними способами: вдосконаленням конструкції ДВЗ та систем, що його обслуговують, використанням дешевих палив, утилізацією теплоти тощо.

На сучасних транспортних суднах у якості головного двигуна застосовують мало- та середньооборотні дизелі. До їх головних переваг слід віднести високу економічність і можливість роботи на дешевих високов'язких паливах. Однак, застосування високов'язких палив, що містять значну кількість небажаних домішок, вимагає попереднього очищення від забруднень і води, необхідності у системі підігріву і спеціальних мастил для запобігання корозії та абразивного зношування деталей.

Традиційними способами очищення палива на сучасних суднах є відстоювання палива у спеціальних відстійних цистернах, сепарація і фільтрація. Однак, ці методи є досить трудомісткими. Під час сепарації та фільтрації з палива разом із забрудненнями видаляється частина горючих елементів.

Усе це обумовлює перспективність застосування автоматизованих фільтраційних установок і гомогенізації. У процесі гомогенізації відбувається руйнування смолистоасфальтових утворень і глобул води без втрати горючої частини.

З метою одержання дрібнодисперсної двофазної системи «вода-паливо» доречно використання електричних і магнітних полів. Під дією магнітного і електричного полів сферична глобула води змінює свою форму (розтягується), внаслідок чого, сили поверхневого натягнення краплі зменшуються і вона дробиться на дрібніші частинки. Стійкість емульсії пов'язана з природою палива і вмістом у ньому поверхнево-активних речовин, а також виникненням у краплі сил електростатичного відштовхування. Заряд у краплі з'являється в результаті електролітичної дії палива. Виникає таке явище, як електрокавітація. Протікання цього процесу і створює головний гомогенізуючий ефект.

Магнітна обробка палива здійснюється за допомогою спеціального пристрою – активатора горіння або фізичного каталізатора. Особливістю конструкції сучасних активаторів є використання спеціальної камери з постійними магнітами. Це дозволяє підвищити повноту згоряння палива, підвищити паливну економічність і знизити викиди шкідливих речовин з відпрацьованими газами двигуна. До переваг таких пристроїв слід віднести малі габарити, масу (до 0,5 кг) та простоту при монтажі на вже діючий двигун.

Проблема магнітної обробки палива на сьогодні, все ж таки, недостатньо вивчена. Однак, є всі підстави вважати перспективним застосування цього метода в поєднанні з іншими методами обробки палива (хімічною обробкою, сепарацією і фільтрацією).

У Херсонській філії НУК проводяться експериментальні дослідження з метою оптимізації конструкції активаторів. Було розглянуто та проаналізовано конструкції активаторів типу «Тонус», «SuperActivator» та інші. Проведені дослідження підтвердили ефективність дії магнітного поля на паливну економічність роботи ДВЗ. Питома витрата палива при цьому зменшується на 8...10 %. Було виявлено також, що ефект від дії магнітного поля на паливо є нетривалим за часом. Зроблено висновок, що магнітна активація палива буде більш ефективною, коли пристрій для обробки знаходиться якомога ближче до форсунки, щоб не втрачався ефект активації.

РЕСУРСО- И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ – КАК ОСНОВНОЙ КРИТЕРИЙ ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ ВОЗДУШНЫХ СЕПАРАТОРОВ

Баранов А.Н.

Национальный университет гражданской защиты Украины (Харьков, Украина),

Рыбалко Р.И.

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры (Макеевка, Украина),

Баранова А.А.

Харьковская национальная академия городского хозяйства (Украина)

Введение. Энергозатраты на измельчение материалов в помольных агрегатах во многом зависят от гранулометрического состава шихты, подаваемой на помол, и от конструктивных особенностей машин, входящих в агрегат.

Разработка вопросов, связанных с определением затрат энергии на измельчение, представляет весьма сложную задачу, так как затраты энергии зависят от целого ряда факторов (неоднородности строения частиц материала, наличия трещин, разнообразия форм и т. д.), изменяющихся в процессе работы и трудно поддающихся учету.

Состояние вопроса. При измельчении внешние силы сначала деформируют кусок (зерно), а затем, когда превзойден предел прочности, вызывают его разрушение на ряд более мелких кусков. Для определения энергии, необходимой для измельчения, известны четыре основных закона: закон поверхностей, предложенный Риттингером; закон объемов, предложенный Кирпичевым и Киком; закон Бонда; обобщенный закон Ребиндера.

Исследуя возможности применения закона Риттингера, Кискальт [1] проделал опыты, которыми стремился доказать, что при измельчении до высокой дисперсности в шаровых мельницах удельная работа измельчения пропорциональна не удельной вновь образованной поверхности, а ее квадрату. Андресен [2] обнаружил, что для достижения очень высокой тонкости помола требуется затратить больше энергии, чем это указывает закон Риттингера. Андресен признает применимость закона Риттингера, но до определенных пределов.

Анализируя вышеприведенные законы, следует отметить, что ни один из них не дает точного представления о разрушении материала.

Постановка задачи. Все рассмотренные законы основываются на процессе измельчения тел правильной геометрической формы под действием равномерно распределенных сжимающих нагрузок, фактически же разрушение материала происходит под действием сосредоточенных нагрузок. Поэтому необходимо проводить дополнительные исследования с целью создания обобщенной теории измельчения материалов.

Основной материал. Измельчаемый материал представляет собой полидисперсную систему, для оценки дисперсности которой используется функция распределения массы частиц по их размерам – $R(d)$, где d – линейный размер частицы. Функция $R(d)$ – отношение массы частиц, размер которых больше d , к общей массе частиц. Для аналитического описания функций распределения наибольшее распространение получило уравнение Розина – Раммлера $R = \exp(-b \cdot d^n)$, где b и n – эмпирические константы. Для описания функции распределения материала, измельченного в шаровой мельнице, используют уравнение $R = \exp(-3d/d_{\text{ном}})$, где $d_{\text{ном}}$ – заданный размер частиц на выходе из мельницы.

На рисунке 1 приведен график зависимости $y = \exp(-3x)$, где x – отношение d к $d_{\text{ном}}$. Данный график характеризует функцию распределения материала, измельченного в шаровой мельнице независимо от заданного размера частиц на выходе из мельницы. Масса частиц, размер которых превышает $d_{\text{ном}}$, не более 5%. Масса частиц, размер которых не превышает $d_{\text{ном}}$, составляет 95%. Причем, как видно из графика, более

половины материала будут составлять частицы размером менее $0,25d_{\text{ном}}$. Если линейный размер $d_{\text{ном}}$ принять за единицу, то удельная поверхность ($F_{\text{уд}}$) материала, состоящего только из частиц номинального размера, будет составлять 6 условных квадратных единиц на единицу объема.

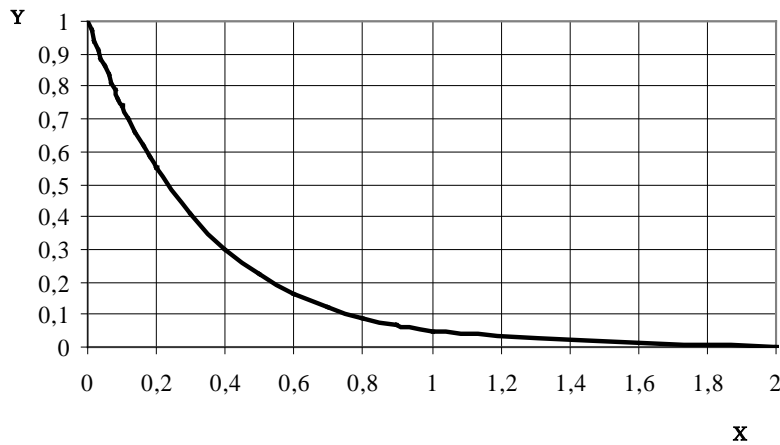


Рисунок 1 – График зависимости $y = \exp(-3x)$

В то же время удельная поверхность ($F_{\text{уд}}$) материала, состоящего из частиц, размер которых описывается функцией распределения $R = \exp(-3d/d_{\text{ном}})$, определяется по формуле

$$F_{\text{уд}} = \sum_{i=1}^{2n} \left[R\left(\frac{i-1}{n}\right) - R\left(\frac{i}{n}\right) \right] \cdot \frac{6 \cdot n}{i} = \sum_{i=1}^{2n} \left[\exp\left(-3 \cdot \frac{i-1}{n}\right) - \exp\left(-3 \cdot \frac{i}{n}\right) \right] \cdot \frac{6 \cdot n}{i}$$

где n – число интервалов разбиения единичного участка оси абсцисс.

При $n = 100$, удельная поверхность материала будет составлять 64,3 условных квадратных единиц на единицу объема, т.е. $F_{\text{уд}1} = 64,3$. Если считать, что энергозатраты растут по квадратичному закону, то расход энергии во втором случае выше более чем в 100 раз. Естественно, добиться одинакового размера всех частиц нереально, но добиться снижения количества переизмельчаемого материала в помольном агрегате за счет оптимизации циркуляционной нагрузки и, соответственно, своевременного отделения кондиционного материала – реальная задача. Это позволит значительно повысить к.п.д. помольных агрегатов, который в настоящее время не превышает 3-5%.

В настоящее время воздушная сортировка производится в сепараторах различной конструкции, которые применяются для обеспечения работы помольных машин при производстве цемента, гипса, извести и других материалов (в замкнутом цикле) и при сочетании помола с сушкой.

В настоящее время не имеется такого воздушного сепаратора, который хотя бы приблизительно соответствовал всем предъявляемым к нему требованиям. Эти требования заключаются, прежде всего, в следующем: резкая верхняя граница тонкого продукта; отсутствие «влетающих» частиц; жесткая характеристика, т. е. независимость установленной границы разделения от количества загружаемого материала; сепаратор должен легко приспосабливаться к специальным требованиям в отношении классификации независимо от особенностей мельницы.

Главным решением для эффективной классификации в сепараторе является обеспечение для заданного диаметра равновесных частиц необходимых параметров, однородности турбулентного потока и предельных размеров вихрей. Турбулентное течение характеризуется осредненной составляющей и пульсационной, которая не является полностью «случайной» величиной, поскольку, несмотря на то, что рождение вихря, обусловленное неустойчивостью в некоторой точке поля течения, «случайно», его последующая эволюция описывается уравнениями Навье – Стокса. Предсказуемость

турбулентных течений ограничивается относительно короткими промежутками времени и не зависит от того, сколь точно известны начальные условия.

На поперечное движение частицы твердого материала в двухфазном потоке оказывает влияние пульсационная (турбулентная) составляющая скорости воздуха. При анализе турбулентных течений в сепараторе и их взаимодействиях с частицами материала рассмотрим задачу о диффузии воздуха. На входе в зону разделения распределение скоростей по поперечному сечению характеризуется однородной стационарной турбулентностью. Поместим начало координат на входе в зону разделения и направим ось x параллельно вектору осредненной скорости двухфазной среды, тогда y – поперечная составляющая. В начале координат будем рассматривать элементарные объемы воздуха и назовем их частицами воздуха. Нас интересуют не траектории отдельных частиц, а некоторые средние характеристики.

Лагранжева координата частицы в момент времени t (мы будем рассматривать движение только вдоль оси y) определяется формулой

$$y(t) = \int_0^t v(\tau) d\tau, \quad (1)$$

где $v(\tau)$ – пульсационная составляющая скорости по оси y .

Осредняя это выражение по многим реализациям (т. е. по большой последовательности частиц), найдем, что среднее значение y равно нулю. Другими словами, центр тяжести облака частиц в статистическом смысле не удаляется от оси x , т.е. изменение размера потока осесимметрично. При умножении равенства (1) на $v(t)$ и осреднения получим

$$\frac{d}{dt} \left(\overline{\frac{1}{2} y^2(t)} \right) = \int_0^t \overline{v(t)v(\tau)} d\tau, \quad (2)$$

где $\overline{v(t)v(\tau)}$ – автокорреляционная функция в лагранжевых координатах.

Обе части этого уравнения имеют размерность коэффициента диффузии ($\text{м}^2/\text{с}$), т.е. уравнение (2) определяет коэффициент турбулентной диффузии.

Для решения уравнения (2) требуются дополнительные сведения о входящей в это уравнение лагранжевой автокорреляционной функции. В случае стационарного турбулентного движения эта корреляция является функцией интервала времени $\Delta\tau = t - \tau$, обозначим

$$\overline{v(t)v(\tau)} = R_L(\Delta\tau) = \overline{v^2} \rho(\Delta\tau) \quad (3)$$

Здесь $\rho(0)=1$ и $\rho(\Delta\tau) = \rho(-\Delta\tau)$. Форма корреляционной функции связана с динамическими характеристиками турбулентности. Лагранжев интегральный масштаб времени T_L определяется по формуле

$$T_L = \int_0^\infty \rho(\tau) d\tau \quad (4)$$

Предполагается, что $\rho(\tau) \rightarrow 0$, при $\tau \rightarrow \infty$ быстрее, чем $1/\tau$, в противном случае T_L не существует. В исследуемой области факторного пространства процесса разделения $\rho(\tau) < 0,01$, при $\tau > 2T_L$ и аппроксимируется экспонентой $\exp(-\tau/T_L)$. Подставляя (3) в уравнение (2), получим

$$\frac{d}{dt} \left(\overline{\frac{1}{2} y^2(t)} \right) = \overline{v^2} \int_0^t \rho(\tau) d\tau. \quad (5)$$

При $t > 2T_L$ это уравнение можно аппроксимировать

$$\frac{d}{dt} \left(\overline{\frac{1}{2} y^2(t)} \right) = \overline{v^2} \int_0^t \rho(\tau) d\tau = \overline{v^2} \int_0^\infty \rho(\tau) d\tau = \overline{v^2} T_L. \quad (6)$$

Выполняя интегрирование, получаем соотношение $\overline{y^2(t)} = 2\overline{v^2} T_L t$, которое описывает характер диффузии на больших (по сравнению с интегральным масштабом) интервалах времени параболой.

При стационарной турбулентности, пульсационная составляющая скорости элементарного объема воздуха является стационарной функцией времени. Такую функцию можно исследовать с помощью преобразований Фурье. При построении преобразований Фурье случайных функций возникают определенные математические трудности, однако в статистической гидромеханике доказано, что свойства корреляционной функции $R_L(\tau)$ таковы, что можно воспользоваться обычным косинус-преобразованием [3].

$$R_L(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} e^{i\omega\tau} F_L(\omega) d\omega = \int_0^{\infty} \cos \omega\tau E(\omega) d\omega \quad (7)$$

и, наоборот,

$$E(\omega) = \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} \cos \omega\tau R_L(\tau) d\tau. \quad (8)$$

При $\tau = 0$ формула (7) дает

$$R_L(0) = \overline{v^2} = \int_0^{\infty} E(\omega) d\omega, \quad (9)$$

вследствие чего функцию $E(\omega)$ называют энергетическим спектром. Величина $E(\omega)d\omega$ определяет вклад в величину $\overline{v^2}$ пульсационных составляющих с частотами в интервале $d\omega$ около частоты ω .

При $\omega = 0$ формула (8) принимает вид

$$E(0) = \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} R_L(\tau) d\tau = \frac{2}{\pi} \overline{v^2} T_L, \quad (10)$$

Значение спектральной функции при $\omega = 0$ определяет (с точностью до численного множителя) коэффициент турбулентной диффузии, который появляется при описании диффузии на больших интервалах времени.

В случае двухфазного потока, движение частиц транспортируемого материала зависит от законов движения транспортирующей среды. Скорость $w(t)$ частицы материала описывается дифференциальным уравнением [1].

$$\Lambda \frac{dw}{dt} + w(t) = v(t), \quad (11)$$

где: Λ – постоянная времени, характеризующая инерцию частицы, $v(t)$ – скорость воздуха на траектории частицы. Если $w(t)$ и $v(t)$ – стационарные случайные функции, то можно составить уравнение, связывающее их корреляционные функции

Подстановка корреляционных функций приводит к уравнению

$$-\Lambda^2 \frac{d^2 R_w}{d\tau^2} + R_w(\tau) = R_v(\tau), \quad (12)$$

Применяя к нему преобразование Фурье, получим

$$(\Lambda^2 \omega^2 + 1) E_w(\omega) = E_v(\omega), \quad (13)$$

При интегрировании уравнения (12) в пределах от $\tau = 0$ до бесконечности первый член пропадает, так как $dR_w/d\tau = 0$ при $\tau = 0$ и $\tau \rightarrow \infty$. Следовательно,

$$\int_0^{\infty} R_w(\tau) d\tau = \int_0^{\infty} R_v(\tau) d\tau, \quad \overline{w^2 T_w} = \overline{v^2 T_v}, \quad E_w(0) = E_v(0), \quad (14)$$

Отсюда следует, что коэффициенты диффузии равны и не зависят от постоянной времени Λ рассматриваемых частиц.

После ряда преобразований получаем

$$\overline{w^2} = \int_0^{\infty} \frac{E_v(\omega) d\omega}{1 + \omega^2 \Lambda^2} = \frac{2}{\pi} \overline{v^2} \frac{\pi}{2\Lambda} \int_0^{\infty} \exp\left(-\frac{\tau}{T_v} - \frac{\tau}{\Lambda}\right) d\tau = \frac{\overline{v^2 T_v}}{\Lambda + T_v}, \quad (15)$$

Уравнение (15) позволяет оценить средний квадрат поперечной составляющей скорости частицы в потоке через характеристики потока воздуха и величину Λ , которая зависит от скорости витания частицы. Зная степень влияния характеристик турбулентности воздушного потока на движение частиц твердой фазы, можно управлять процессом разделения полидисперсной смеси.

Конечной целью моделирования процесса классификации полидисперсной смеси является получение расчетных зависимостей, связывающих кривую разделения с конструктивными и режимными параметрами аппарата. В практике математического моделирования процессов аэродинамической классификации наиболее широкое распространение получили детерминированные модели, построенные на дифференциальных уравнениях движения частицы в стационарном потоке газа. Использование зависимости (15) позволяет адекватно описать процесс взаимодействия частиц с воздухом в сепараторе.

Для помола цементного клинкера была проведена модернизация помольного агрегата с трубной мельницей и воздушным циркуляционным сепаратором. Регулирование размеров вихревых структур над крыльчаткой в сепараторе обеспечивалось устройством, параметры которого были определены по зависимости (15). За счет создания однородной мелкомасштабной турбулентности эффективность сортировки сепаратора выросла с $68 \pm 2\%$ до $89\% \pm 3\%$. Изменился режим работы мельницы. Производительность помольного агрегата выросла на 12,3%. Тонкость помола цементного клинкера характеризовалась остатком на сите 008, который составил 0,4%.

Выводы.

1. Разработана модель оценки удельной поверхности материала и, соответственно, энергозатраты в зависимости от закона, описывающего функцию распределения измельчаемого материала.
2. Разработан новый теоретический подход к созданию детерминированных моделей, построенных на дифференциальных уравнениях движения частицы в стационарном потоке газа с учетом турбулентности.
3. Намечены пути создания воздушных сепараторов с позиций ресурсо- и энергосбережения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kieskalt. Neue Ergebnisse der feinerzkleinerung Ver. Dent. Ing., Vol 97, 1955.
2. Сапожников М.Я. механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций. – М.: Высшая школа, 1971. – 384 с.
3. Монин А.С., Яглом А.М. Статистическая гидромеханика. – М.: Наука, 1965.

АВТОМАТИЗОВАНА УСТАНОВКА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЕПОКСИКОМПОЗИТНИХ ПОКРИТТІВ ПРИ ЗГИНАННІ

Букетов А.В., Івченко В.В.

ВНЗ «Херсонський державний морський інститут» (Україна),

Стухляк П.Д., Чихіра І.В.

Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя (Україна),

Трембач Р.Б.

Тернопільський національний економічний університет (Україна)

Постановка проблеми. Завдяки високим експлуатаційним властивостям епоксидні композити знаходять усе більш широке застосування у вигляді конструкційних матеріалів у електрометалургії, машинобудуванні, хімічній та харчовій промисловості. Підвищені вимоги до надійності, технології ремонту машин і механізмів в умовах тривалої експлуатації під впливом агресивних середовищ викликає необхідність досліджень, спрямованих на розгляд деформаційних і міцнісних властивостей полімерних композитних матеріалів (ПКМ). У цьому плані першорядне значення має вибір параметру оцінки динамічних властивостей матеріалів за двома основними критеріями: роботи, необхідної для розвитку процесів деформування і руйнування зразків певної форми, – з одного боку, та використання напружено-деформаційних характеристик матеріалів (група силових параметрів) – з іншого [1].

Одним з енергетичних параметрів, який широко використовують при аналізі напруженого деформованого стану матеріалів, є динамічна характеристика залежності відносної деформації від граничної сили при різних швидкостях навантаження зразка. Силові параметри у свою чергу об'єднують сукупність таких характеристик, як руйнівне напруження, граничні деформації руйнування, модуль пружності та ін. Аналіз результатів попередніх досліджень показує, що практично усі дослідники приділяють основну увагу лише одній з названих груп: енергетичних або силових [1]. Даний підхід не дає повного уявлення про поведінку матеріалу при динамічному навантаженні, позаяк у процесі деформування ПКМ на межі поділу фаз «матриця – наповнювач» виникає локалізація напружень руйнування. Даний фактор викликає швидке зростання критичних величин напружень, що призводить до мікрокогезійного розтріскування на межі поділу фаз і подальше руйнування матеріалу в цілому. Отже, фізико-механічні характеристики ПКМ залежать від когезійної міцності системи «матриця-наповнювач», а оцінка динамічних властивостей композитів повинна проводитись на підставі узагальнення енерго-силових параметрів епоксикомпозитних матеріалів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Одним з основних способів визначення енерго-силових параметрів міцності ПКМ є випробування в умовах згину. Це пов'язано з простою схемою навантаження зразків, наявністю адекватного математичного опису їх поведінки, а також з можливістю досліджень апарату для оцінки широкого комплексу механічних характеристик. Підхід при оцінюванні енергетичних і силових параметрів зразка у результаті деформації дозволяє:

- дослідити динаміку кількісних змін параметрів зразка у процесі деформування, що дозволяє якісно оцінити енергію когезійних зв'язків у ПКМ;
- наочно сконцентрувати на одній координатній площині безліч експериментальних даних, при різних режимах навантаження зразка;
- встановити одночасний оптимум руйнуючих напружень при заданому модулі пружності залежно від деформації зразка.

Однак, відомі методики дослідження матеріалів на згинання (ГОСТ 4648-71) мають ряд недоліків: наявність сил тертя між зразком і опорами при його деформації, локальним накладанням згинаючих сил, нерівномірністю прикладання сили деформації або

руйнуванням поза зоною дії максимальних напружень [2]. У зв'язку з цим необхідно відзначити, що похибки, викликані даними факторами, досить істотні, оскільки коефіцієнт тертя залежить від стану поверхні матеріалу, що випробовують, швидкості відносного руху поверхонь тертя і їх геометричної форми. Крім цього, нерівномірність навантаження на зразок призводить до виникнення тангенціальних деформацій і веде до руйнування зразка поза зоною максимальних напружень, що, фактично, спотворює форму діаграми деформування. Все це значно спотворює інформацію про реальний характер деформації ПКМ і може призвести до невірних оцінок характеристик матеріалів. Отже, для правильної оцінки фізико-механічних властивостей ПКМ необхідно використовувати точніші методики, які включають визначення енерго-силових параметрів при мінімізації вищеперерахованих похибок під час дослідження. Тому у даній роботі розглядаються методичні питання випробувань ПКМ при згинанні, обговорюються основні закономірності деформування та руйнування, котрі спостерігають при дослідженнях полімерних композитів і захисних покриттів на їх основі. Особливо актуальними є дослідження матеріалів, наповнених дисперсними частками різної фізичної природи, для встановлення основних шляхів вдосконалення відомих методик дослідження деформацій матеріалів при згинанні, що спрямовані на максимальне зменшення похибок отриманих результатів випробувань. Доцільним було б проводити дослідження зразків у вигляді металевої основи з нанесеним на неї епоксикомпозитом.

Мета роботи – розробка автоматизованої установки для дослідження фізико-механічних властивостей захисних покриттів при згинанні.

Матеріали для досліджень. У якості об'єкта досліджень обрано промисловий епоксидний олігомер марки ЕД-20 (ГОСТ 10587-84), котрий характеризується високою адгезійною і когезійною міцністю, невеликою усадкою при формуванні у вироби, також достатніми технологічними властивостями при нанесенні на поверхні зі складним профілем та розвинутою сировинною базою в Україні. Для полімеризації епоксидних композицій використовували затверджувач поліетиленполіамін ПЕПА (ТУ 6-05-241-202-78). При формуванні одношарових композитних покриттів (КП) з рівномірним розподілом двокомпонентного полідисперсного наповнювача в епоксидний зв'язувач вводили частки коричневого шламу (КШ) з дисперсністю 63 мкм і вмістом 40 мас.ч., діоксиду титану з дисперсністю 10-20 мкм і вмістом 60 мас.ч. на 100 мас.ч. епоксидного олігомеру ЕД-20 і 10 мас.ч. ПЕПА (тут і далі за текстом вміст наповнювача наведено у мас.ч. на 100 мас.ч. зв'язувача). При формуванні функціонально-градієнтних покриттів вводили КШ і діоксид титану при тому ж вмісті і додатково вводили карбід кремнію при вмісті 80 мас.ч. на 100 мас.ч. епоксидного олігомеру ЕД-20.

Одношарові покриття з рівномірним розподілом двокомпонентного дисперсного наповнювача формували за такою технологією: дозування компонентів, їх гідродинамічне суміщення, введення затверджувача ПЕПА і затвердження композиції. Затверджували покриття за експериментально встановленим режимом. Далі проводили дослідження зразків.

Функціонально-градієнтні покриття формували за такою технологією:

- формування адгезійного шару товщиною 100 мкм, котрий містить частки КШ і діоксиду титану; витримка упродовж 2 год. при температурі $T = (293 \pm 2) \text{ K}$ для забезпечення взаємодії між шарами функціонально-градієнтного покриття;

- нанесення корозійностійкого шару товщиною 200 мкм не пізніше, ніж за 2 год. після нанесення адгезійного шару, котрий містить карбід кремнію; витримка покриття упродовж 72 год. при температурі $T = (293 \pm 2) \text{ K}$. Для стабілізації структуруючих процесів у матеріалі взірці витримували протягом $\tau = 60$ год. на повітрі при температурі $T = 293 \pm 2 \text{ K}$ з наступним проведенням випробувань на згинання.

Для досліджень у вигляді основи використовували плоский взірець зі сталі Ст. 3, на котрий з одного боку основи наносили покриття. Геометричні характеристики взірця з покриттям наступні:

- товщина: основи – $1,00 \pm 0,01$ мм, покриття – $0,4-1,4$ мм;
- довжина: основи – $90 \pm 0,1$ мм, покриття – $25 \pm 0,1$ мм, відстань між опорами – $85 \pm 0,1$ мм;
- ширина: основи і покриття: $10 \pm 0,1$ мм.

За результатами досліджень будували криві залежності «навантаження (P) – прогин (Δl)» для зразків з покриттями. Потім визначали модуль пружності, максимальні значення тангенціальних і нормальних напружень, котрі характеризують відповідно адгезійну та когезійну міцність покриттів.

Розробка автоматизованої установки для дослідження фізико-механічних властивостей захисних покриттів при згинанні. Розроблені пристосування (рис. 1, 2) можна встановлювати на будь-якій випробувальній машині з межею вимірювання зусилля 10^4 Н, з похибкою випробувань не більше 1% і з постійною швидкістю переміщення індентора з похибкою не більше 2%.

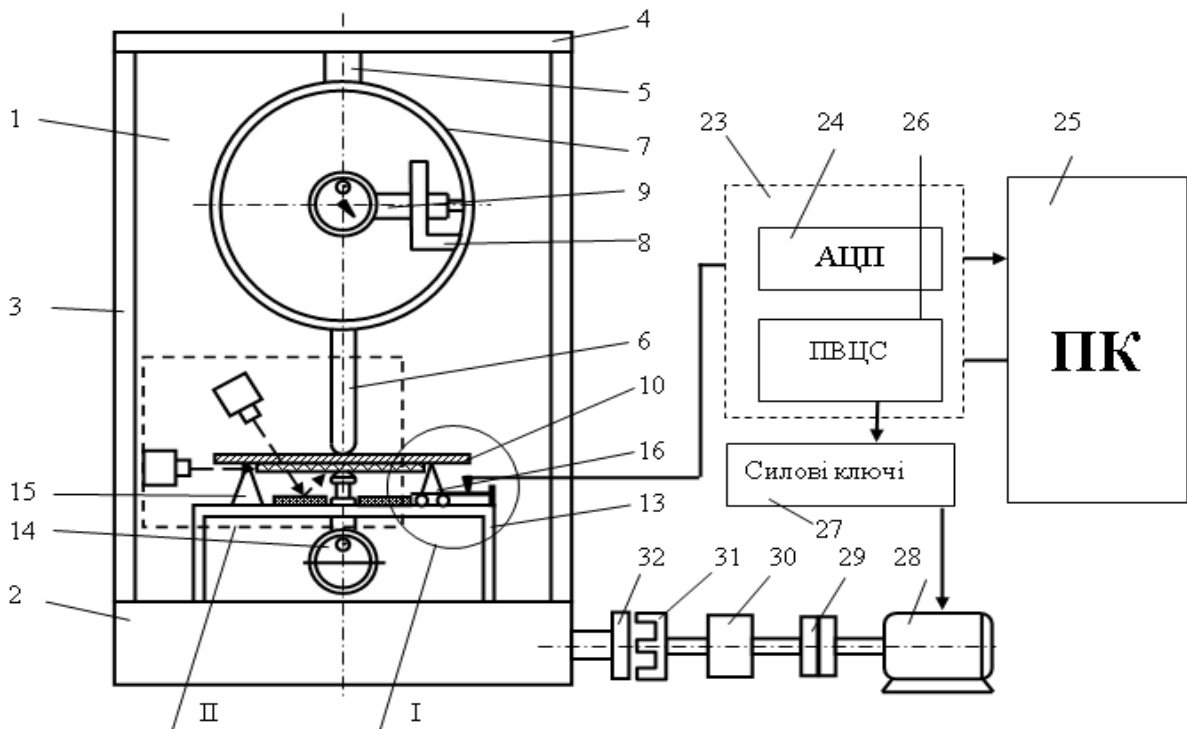


Рисунок 1 – Схема автоматизованої установки для дослідження фізико-механічних властивостей захисних покриттів при згинанні:

- 1 – корпус; 2 – несуча рама; 3 – стійки; 4 – верхня опора; 5 – гвинт; 6 – індентор; 7 – навантажувальне колесо; 8 – захват; 9 – індикатор; 10 – зрінець; 11 – металева основа зразка; 12 – захисне покриття; 13 – несуча опора; 14 – індикатор; 15 – нерухома опора; 16 – рухома опора; 17 – дзеркала; 18, 19 – цифрові камери; 20 – тензорезистор; 21 – пружина; 22 – шток; 23 – плата вводу-виводу дискретних сигналів; 24 – аналого-цифровий перетворювач (АЦП); 25 – персональний комп'ютер (ПК); 26 – порт виводу цифрових сигналів (ПВЦС); 27 – силові ключі; 28 – кроковий двигун; 29 – компенсаційна муфта; 30 – редуктор; 31 – захват; 32 – маховик.

Автоматизована установка для дослідження фізико-механічних властивостей захисних покриттів при згинанні містить розривну машину 1, яка обладнана системою вимірювання похибки навантаження до 1% від максимального навантаження. Розривна машина 1 містить несучу раму 2, на якій кріпляться стійки 3, що з'єднані верхньою опорою 4. До верхньої опори 4 кріпиться гвинт 5, що здійснює рівномірно-поступальний рух індентора 6 через навантажувальне колесо 7, на котрому кріпиться захват 8 з індикатором 9, що призначений для вимірювання величини навантажувального зусилля.

Зовнішнє зусилля через індентор 6 здійснює деформацію і руйнування зразка 10, останній містить металеву основу 11 і захисне покриття 12. Така схема пристосувань для забезпечення рівномірного поступального руху індентора 6 через навантажувальне колесо 7 дозволяє досліджувати взаємодію інгредієнтів у композитному покритті та їх вплив на експлуатаційні характеристики композитних гетерогенних матеріалів. У роботі [2] показано, що фактори, котрі впливають на похибку вимірів діаграм деформування зрізків, залежать від історії навантажування зразка і визначають характер кривої деформування. Тільки закон навантаження $V = \text{const}$ дозволяє не враховувати історію навантаження, що забезпечує отримання достовірних результатів випробувань.

Зразок 10 розміщено на пристосуванні, яке складається з несучої опори 13, у центрі якої жорстко закріплений індикатор 14, призначений для вимірювання величини деформації зразка. Також на пристосуванні розміщена нерухома 15 та рухома 16 опори, конструкція яких забезпечує максимальне зменшення коефіцієнту тертя між стінками зразка і вершиною опор, що дозволяє збільшити точність вимірювань. Така схема встановлення зразка забезпечує зменшення сили тертя між поверхнею досліджуваного матеріалу і вершиною опор. Крім цього, опора 16 може здійснювати переміщення в осьовому напрямку, що дозволяє досліджувати зразки різної довжини, а також забезпечує рівномірність навантаження через індентор 6. Вимірювання величини прогину зразка проводять індикатором 14, який жорстко закріплений у центрі несучої опори 13.

Пристосування додатково обладнане дзеркалами 17, котрі забезпечують можливість аналізу процесу розтріскування захисного покриття за допомогою цифрової камери 18 і його відшарування за допомогою цифрової камери 19. При цьому цифрова камера 18 розміщена під кутом $45...60^\circ$ до осі індентора, що дозволяє шляхом використання дзеркал 17 фіксувати момент утворення тріщини і її приросту. Розміщення цифрової камери 19 на площині адгезійного зчеплення захисного покриття і основи дозволяє аналізувати процес відшарування захисного покриття від нього.

Установка обладнана автоматизованою системою управління експериментом, котра складається з тензорезистора 20, що закріплений на пружині 21, з'єднаний з рухомою опорою 16 і штоком 22. При цьому тензорезистор 20 з'єднаний з платою вводу-виводу дискретних сигналів з гальванічною розв'язкою 23, яка через аналого-цифровий перетворювач 24 з'єднується з персональним комп'ютером 25 для припинення експерименту при руйнуванні зрізка. Персональний комп'ютер 25 через порт виводу цифрових сигналів 26, який розміщено на платі вводу-виводу дискретних сигналів 23, і підсилювач, у вигляді силових ключів 27, з'єднаний з кроковим двигуном 28, що забезпечує вмикання і автоматичне вимикання електродвигуна. Для здійснення поступального руху гвинта 5 крутний момент від крокового двигуна 28 передається через компенсаційну муфту 29, редуктор 30 і захват 31 на маховик 32 розривної машини.

Автоматизована установка для дослідження фізико-механічних властивостей захисних покриттів при згинанні працює таким чином. Крутний момент від крокового двигуна 28 передається через компенсаційну муфту 29, редуктор 30 і захват 31 на маховик 32 розривної машини 1. При цьому гвинт 5 здійснює рівномірно-поступальний рух у низ індентора 6, внаслідок чого відбувається деформація зразка 10, котрий містить металеву основу 11 і захисне покриття 12. За допомогою цифрової камери 18, яка розміщена під кутом $45...60^\circ$ до осі індентора і дзеркал 17, що розташовані навколо індикатора 14 на несучій опорі 13, фіксують момент утворення тріщини і її приріст. За допомогою цифрової камери 19, котра розміщена на площині адгезійного зчеплення захисного покриття і основи, аналізують процес відшарування захисного покриття від основи. Абсолютна величина деформації зразка 10 фіксується індикатором 14, що жорстко закріплений у центрі несучої опори 13, на котрій також розміщені нерухома 15 і рухома 16 опори. Рухома опора 16 під час деформації зразка здійснює осьове зміщення, яке фіксується тензорезистором 20, що закріплений на пружині 21. З тензорезистора 20 аналоговий сигнал потрапляє на плату вводу-виводу з гальванічною розв'язкою 23. За допомогою

аналого-цифрового перетворювача (АЦП) 24 плати 23 даний сигнал перетворюється у цифровий код. По програмі, записаній у ПК, реєструється різка зміна амплітуди деформації пружини у момент руйнування зразка. Після цього з ПК через порт виводу цифрових сигналів 26 і силові ключі 27 на кроковий двигун подається сигнал про вимкнення двигуна. Далі здійснюють наступний цикл випробувань.

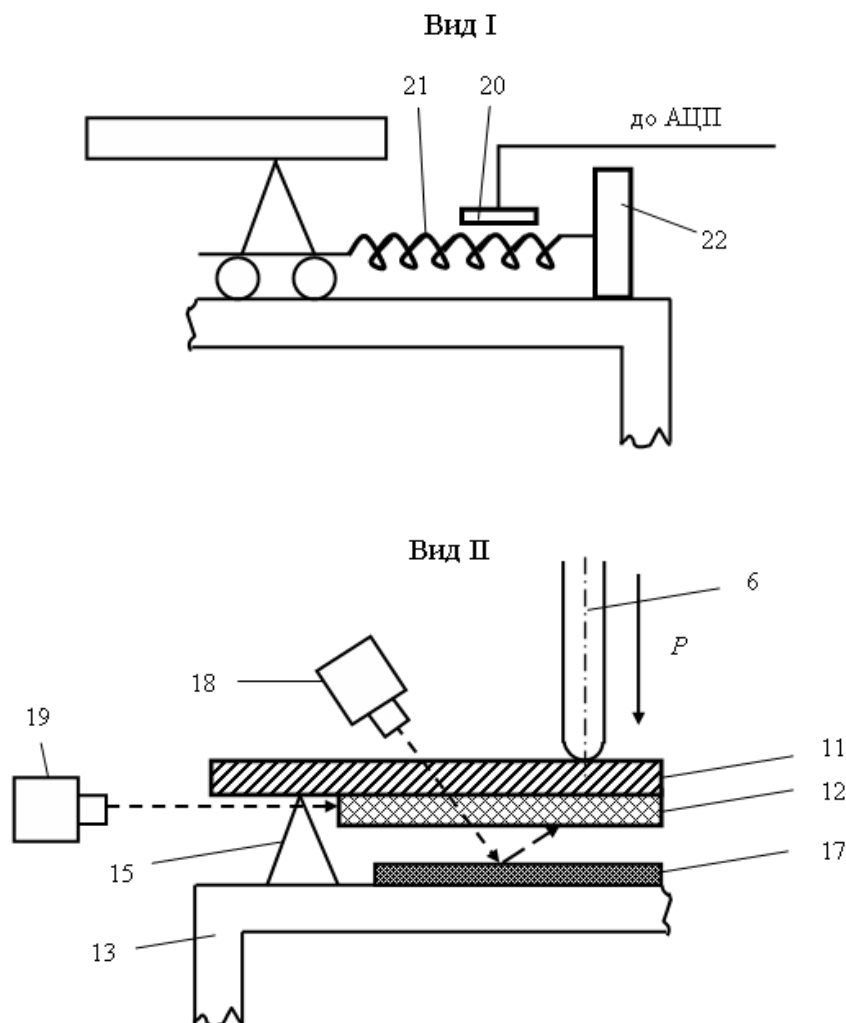


Рисунок 2 – Вигляд основних конструктивних елементів на розробленому пристосуванні (позначення див. на рис. 1).

Результати дослідження та їх обговорення. Про структуру ПКМ, об'єм міжфазових шарів і надмолекулярних утворень, як якісних характеристиках матеріалу, можна стверджувати, аналізуючи криві деформування зразків при згинанні, де пружна деформація, яка є проявом зсуву кінцевих груп макромолекул, поступово переходить у пластичну деформацію, яка є результатом відносного зміщення окремих груп макромолекул і дисперсних часток (рис. 3). Існує також механізм «деструктивної пластичності», коли відбувається утворення і розвиток сітки мікротріщин, що відображається на кривій деформування як додаткова зміна миттєвого модуля пружності матеріалу [2]. Очевидно, однією з найбільш суттєвих особливостей ПКМ, як матеріалів, що мають безліч початкових дефектів, є взаємозв'язок процесів деформування і руйнування, котрі значно залежать від структури матеріалу і природи наповнювача [3].

Досліджували на згинання систему «сталюна основа – захисне покриття» в умовах рівномірного навантаження на розробленій автоматизованій установці. Аналізуючи криві залежності «навантаження (P) – прогин (Δl)» для зразків з покриттями (рис. 3), можна охарактеризувати поведінку матеріалу при деформації, релаксацію залишкових напружень у процесі деформації та швидкість локального руйнування композитів. Для сімейства

кривих деформування системи «стальна основа – захисне покриття» можна виділити такі характерні властивості:

- істотна (якщо врахувати малі значення руйнівної деформації) нелінійність кривих деформування;

- у процесі навантаження зразків спостерігали три стадії деформації системи «стальна основа – захисне покриття»: пружна деформація, стабілізація, коли процес руйнування тимчасово припиняється і руйнування матеріалу;

- при відносно невеликих екстремальних напруженнях стадія стабілізуючих деформацій невелика або відсутня.

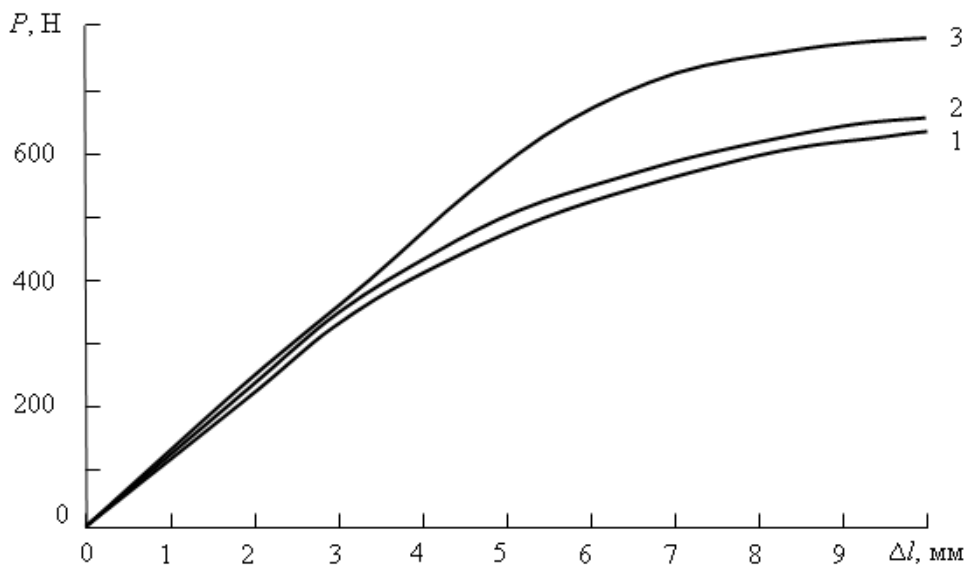


Рисунок 3 – Криві деформування зразків зі сталі з покриттями (товщина покриття – 0,6 мм): 1 – епоксидна матриця; 2 – одношарове покриття з рівномірним розподілом двокомпонентного дисперсного наповнювача; 3 – функціонально-градієнтне покриття

Результати досліджень (рис. 3) характеризують енергетичні параметри деформування зразків. Площа під кривою деформації, що характеризує роботу руйнування, відмінна для окремих видів захисних покриттів. Крім цього, випробування при рівномірному навантаженні ($V = \text{const}$) дозволили виявити особливості поведінки ПКМ під навантаженням. Початкова стадія кривої характеризує накопичення пружної деформації, після чого спостерігали область стабілізації напружень. На наш погляд, ця область руйнування ПКМ характеризує процеси утворення і розвитку мікротріщин. При подальшому невеликому збільшенні навантаження повзучість матеріалу проявляється у формі значної зміни абсолютної величини деформації покриттів. Стосовно конструкційних ПКМ цей ефект називається втомною релаксацією. Отже, енергетичний параметр зміни модуля пружності матеріалу залежно від деформації зразка дозволяє стверджувати про якісні перетворення у структурі міжфазових шарів і розвитку тріщин у полімері, що суттєво змінює динаміку трансформації ПКМ. Якісний аналіз процесу деформації захисних покриттів при згинанні основи з адгезивом дозволяє констатувати, що залежно від структури матеріалу, природи та вмісту наповнювача у зв'язувачі і технології формування захисні покриття руйнуються по-різному.

Зокрема, при виникненні критичних напружень і абсолютних деформацій на межі поділу фаз «металева основа – одношарове покриття з рівномірним розподілом двокомпонентного дисперсного наповнювача» спостерігали утворення поперечної тріщини і подальше розтріскування адгезиву в області дії індентора (показано стрілкою на рис. 4, а, б). Це свідчить про поліпшені адгезійні властивості захисного покриття. Навпаки, при виникненні критичних напружень і абсолютних деформацій на межі поділу фаз «металева основа – функціонально-градієнтне покриття» спостерігали відшарування

адгезиву від основи, що свідчить про поліпшені когезійні властивості захисного покриття (рис. 4, в, г). Однак, для детальнішого аналізу впливу структури і технології формування досліджуваних покриттів на їх когезійні й адгезійні властивості необхідно обчислити значення тангенціальних чи дотичних напружень на межі поділу фаз «основа – покриття» і нормальних напружень в адгезиві. Лише порівняльний аналіз показників даних характеристик дозволить стверджувати про доцільність і ефективність їх експлуатації у виробничих умовах.

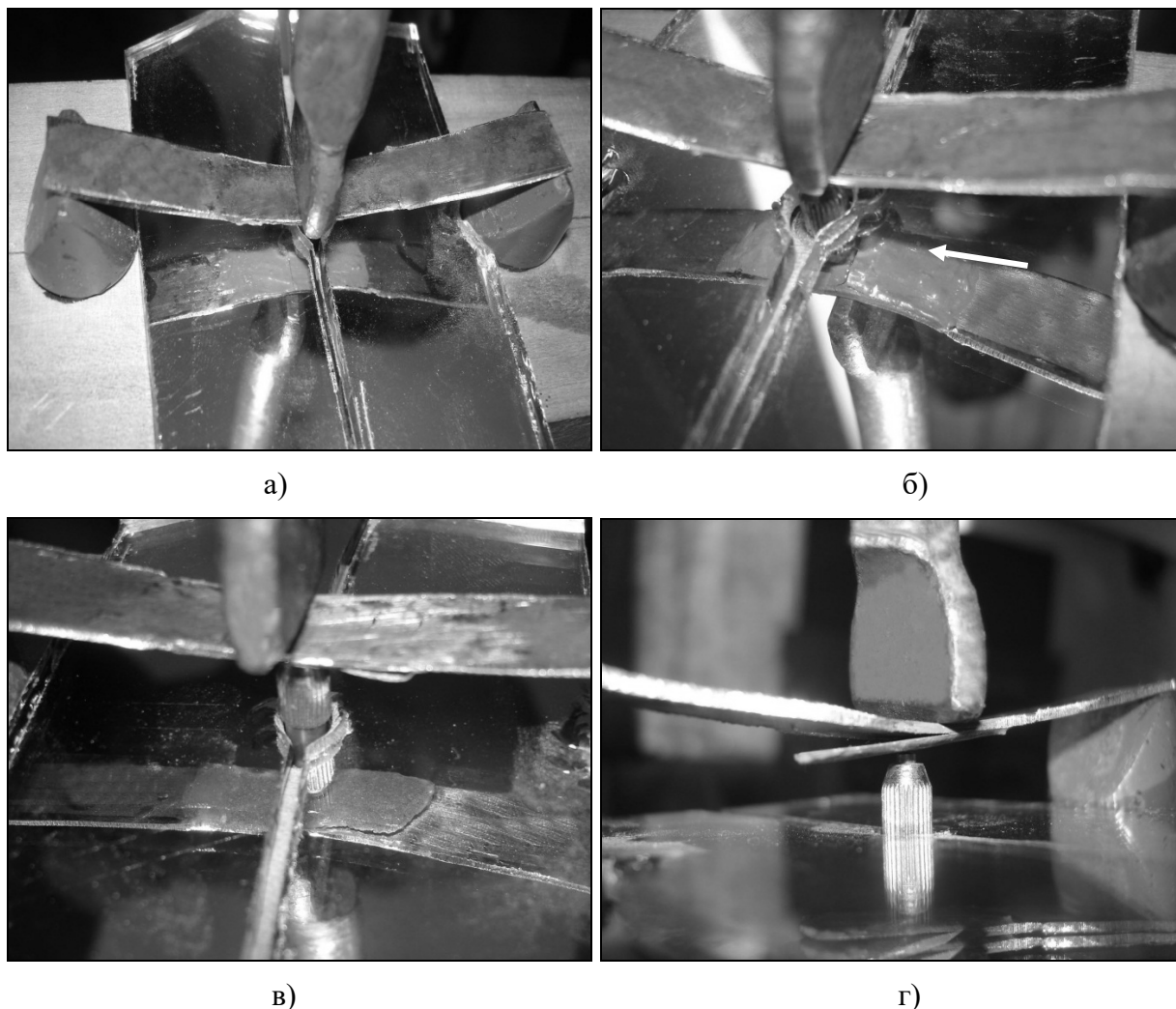


Рисунок 4 – Стадії утворення і поширення тріщини при згинанні системи «сталевна основа – захисне покриття»: а, б) одношарове покриття з рівномірним розподілом двокомпонентного дисперсного наповнювача; в, г) функціонально-градієнтне покриття

На думку авторів [1, 2], спосіб енергетичної оцінки динамічних властивостей матеріалів є найбільш ефективним стосовно класу полімерних композитів, особливо для сучасних епоксидних композитних матеріалів і захисних покриттів на їх основі. Проблема у цій галузі досліджень часто зводиться до того, що при формуванні даного класу матеріалів з оптимальними властивостями слід враховувати зміну як енергетичних, так і силових параметрів працездатності. Отже, для підтвердження описаних вище результатів якісного аналізу енергетичних результатів на розробленій установці проведено дослідження силових параметрів, зокрема – граничних характеристик ПКМ при згинанні. Результати досліджень руйнівного напруження і модуля пружності при згинанні епоксидних композитів у цілому корелюють з описаним вище якісним аналізом кривих деформування, що дозволяє зробити висновок про доцільність енерго-силового підходу при оцінці фізико-механічних властивостей ПКМ. Крім цього, представлена у вигляді комплексного підходу інформація про структурні зміни композитів у процесі

деформування забезпечує можливість швидкого визначення найбільш перспективних матеріалів для подальших досліджень, що найбільш важливо при дослідженнях зі значними обсягами випробувань.

Слід зазначити, що при порівнянні енергетичних і силових параметрів не завжди проходить чітка кореляція між якісними і кількісними критеріями. На наш погляд це, у першу чергу, пов'язано зі складними фізико-хімічними процесами у ПКМ під час полімеризації і у подальшому зумовлює його поведінку при деформації. Аналіз кінетики формування міжфазових шарів і надмолекулярних утворень, релаксації залишкових напружень при повзучості, виникненні мікро- і макротріщин при старінні ПКМ, а також – зіставлення результатів прогнозованої поведінки з реальними результатами при їх експлуатації вимагають окремого розгляду.

Висновки. У роботі розроблено автоматизовану установку для дослідження фізико-механічних властивостей захисних полімеркомпозитних покриттів при згинанні. Розроблені пристосування можна встановлювати на будь-якій випробовувальній машині з межею вимірювання зусилля 10^4 Н, з похибкою випробувань не більше 1 % і з постійною швидкістю переміщення індентора з похибкою не більше 2 %. Запропонована схема пристосувань для забезпечення рівномірного поступального руху індентора дозволяє опосередковано аналізувати взаємодію інгредієнтів у композитному покритті та її вплив на силові й енергетичні параметри гетерогенних матеріалів. Крім того, показано, що фактори, які впливають на похибку вимірів діаграм деформування зразків, залежать від історії його навантажування і визначають характер кривої деформування. Водночас виконання умови $V = \text{const}$ дозволяє не враховувати історію навантаження, що забезпечує отримання достовірних результатів випробувань.

Система цифрових камер, що розміщена під кутом $45...60^\circ$ до осі індентора у площині адгезійного зчеплення захисного покриття і основи, забезпечує фіксацію моменту утворення тріщини у захисному покритті і її ріст та дозволяє аналізувати процес відшарування захисного покриття від основи. Експериментально досліджено фізико-механічні властивості системи «металева основа – функціонально-градієнтне покриття». Обґрунтовано механізм підвищення точності досліджень унаслідок зменшення тертя між елементами розробленого пристосування і умов деформування зразка.

ЛІТЕРАТУРА

1. Рыбин А.А., Добровольский А.К., Костров В.И. Энерго-силовая оценка работоспособности пластмасс при динамических импульсных нагрузках // Заводская лаборатория. – 1987. – Т. 53, № 8. – С. 78-80.
2. Гогоци Г.А., Грушевский Я.Л., Завада В.П. О корректности испытаний керамики на изгиб // Заводская лаборатория. – Т.56, № 2. – 1990. – С. 80-85.
3. Липатов Ю.С. Межфазные явления в полимерах. – Київ: Наукова думка, 1980. – 259 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ КОМПЛЕКСНОГО ПАРАМЕТРА КАЧЕСТВА СУДОВОГО ДИЗЕЛЯ ОТ ЕГО ТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

Богданов А.В.

Херсонский филиал Европейского университета (Украина),

Бень А.П., Свиридов В.И.

Вуз «Херсонский государственный морской институт» (Украина)

Введение. Исходя из опыта работы, при выборе наиболее экономичных дизелей для судовых энергетических установок (СЭУ) пользуются их комплексным параметром качества [1, 2], учитывающим 7 параметров:

$$K_0 = \alpha_1 \frac{P}{P_{\max}} + \alpha_2 \frac{m_{\min}}{m} + \alpha_3 \frac{b_{e\min}}{b_e} + \alpha_4 \frac{b_{m\min}}{b_m} + \alpha_5 \frac{r}{r_{\max}} + \alpha_6 J + \alpha_7 \frac{c_{\min}}{c}. \quad (1)$$

1) удельную мощность дизеля – $p = \frac{P_e}{l \cdot s \cdot h}$ [кВт/м³], где P_e – номинальная эффективная мощность дизеля; $l \cdot s \cdot h$ – габаритные размеры СЭУ (длина, ширина и высота) [м],

2) удельную массу – $m = \frac{M}{P_e}$, [кг/кВт], где m – масса дизеля;

3) удельный эффективный расход топлива дизеля – b_a [кг/кВт · ч];

4) удельный эффективный расход масла дизеля – b_m [кг/кВт · ч];

5) ресурс работы до капитального ремонта – r [тыс.ч.],

6) условный показатель рода топлива, используемого дизелем – J (для тяжелого топлива – $J = 1$, для дизельного – $J = 0$);

7) стоимость дизеля – $\tilde{N} = \frac{0,77 \cdot P_e^{0,87} \cdot r^{0,48}}{b_a^{1,58} \cdot b_m^{0,28}}$ [условных единиц].

В формулу также входят соответствующие, экспериментально установленные коэффициенты весомости каждого из параметров α_i , где $i = 7$ ($\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4 + \alpha_5 + \alpha_6 + \alpha_7 = 1$), а также отношения данных параметров к экстремальным, выбранным из возможного списка параметров имеющихся двигателей: $P_{\max}; m_{\min}; b_{a\min}; b_{m\min}; r_{\max}; c_{\min}$.

Актуальность исследований. Исследования аналитической зависимости комплексного параметра качества судовых дизелей от их технических параметров актуально как при изучении курсантами морских институтов соответствующих специальностей, так и для практических расчётов, однако до настоящего времени не проводились.

Целью работы является построение алгоритма выбора оптимальных технических параметров судовых дизелей для получения максимального их комплексного параметра качества.

Постановка задачи. Комплексный параметр качества СЭУ K_0 монотонно растет с увеличением относительного значения удельной мощности (p), с уменьшением габаритных размеров ($l \cdot s \cdot h$) и удельной массы ($m = \frac{M}{P_e}$) СЭУ, а также с использованием мазута в качестве топлива. Для заданной номинальной эффективной мощности P_e СЭУ, существуют значения g , b_a , b_m , при которых K_0 имеет экстремальное (максимальное или минимальное) значение, т. е. экстремальное значение K_0 является функцией трех переменных:

$$K_0 = f(r, b_a, b_m). \quad (2)$$

Результаты исследований. Нахождение локального экстремума данной функции означает нахождение значений параметров b_a, b_m, r при заданном значении номинальной эффективной мощности дизеля – P_a . Для нахождения значений b_a, b_m, r в минимумах функций $K_0 = f(b_a, r)$, $K_0 = f(b_a, b_m)$ и $K_0 = f(b_m, r)$ необходимо решить систему трёх уравнений с тремя неизвестными b_a, b_m, r .

$$\begin{cases} \frac{\partial K_0}{\partial b_a} = -\frac{\alpha_s \cdot b_{a\min}}{b_a^2} + \frac{1,58 \cdot \alpha_7 \cdot c_{\min} \cdot b_m^{0,28}}{0,77 \cdot p_a^{0,87} \cdot r^{0,48}} b_a^{0,58} = 0 \\ \frac{\partial K_0}{dr} = \frac{\alpha_5}{r_{\max}} - \frac{\alpha_7 \cdot c_{\min} \cdot b_a^{1,58} \cdot b_m^{0,28}}{0,77 \cdot p_a^{0,87}} \cdot \frac{0,48}{r^{1,48}} = 0 \\ \frac{dK_0}{db_m} = -\frac{\alpha_4 \cdot b_{m\min}}{b_m^2} + \frac{0,23 \cdot \alpha_7 \cdot c_{\min} \cdot b_a^{1,58}}{0,77 \cdot p_a^{0,87} \cdot r^{0,48}} b_m^{-0,77} = 0 \end{cases} \quad (3)$$

Исследуем вначале на локальный экстремум функцию двух переменных $K_0 = f(b_a, r)$. Для определения вида экстремума (максимум или минимум) необходимо взять вторые производные, которые обозначим коэффициентами A_1, B_1, C_1 :

$$\begin{cases} \frac{\partial K_0}{\partial b_a^2} = \frac{2 \cdot \alpha_s \cdot b_{a\min}}{b_a^3} + \frac{1,58 \cdot 0,58 \cdot \alpha_7 \cdot c_{\min} \cdot b_m^{0,23}}{0,77 \cdot p_a^{0,87} \cdot r^{0,48}} b_a^{-1,58} = A_1 \geq 0 \\ \frac{\partial K_0}{\partial b_a dr} = -\frac{1,58 \cdot 0,48 \cdot \alpha_7 \cdot c_{\min} \cdot b_m^{0,28}}{0,77 \cdot p_a^{0,87} \cdot r^{1,48}} b_a^{-1,58} = B_1 \leq 0 \\ \frac{\partial^2 K_0}{\partial r^2} = \frac{\alpha_7 \cdot c_{\min} \cdot b_a^{1,58} \cdot b_m^{0,28}}{0,77 \cdot p_a^{0,87}} \cdot \frac{0,48 \cdot 1,48}{r^{2,48}} = C_1 \geq 0 \end{cases}$$

Экстремум функции $K_0 = f(b_a, r)$ существует при условии $A_1 C_1 - B_1^2 > 0$. Подставляя значение коэффициентов A_1, B_1, C_1 в данное уравнение, получим, что при любых положительных значениях параметров данное выражение больше нуля:

$$\begin{cases} \frac{\partial K_0}{\partial b_a} = -\frac{\alpha_s \cdot b_{a\min}}{b_a^2} + \frac{1,58 \cdot \alpha_7 \cdot c_{\min} \cdot b_m^{0,28}}{0,77 \cdot p_a^{0,87} \cdot r^{0,48}} b_a^{0,58} \\ \frac{dK_0}{dr} = \frac{\alpha_5}{r_{\max}} - \frac{\alpha_7 \cdot c_{\min} \cdot b_a^{1,58} \cdot b_m^{0,28}}{0,77 \cdot p_a^{0,87}} \cdot \frac{0,48}{r^{1,48}} = 0 \\ \frac{dK_0}{db_m} = -\frac{\alpha_4 \cdot b_{m\min}}{b_m^2} + \frac{0,23 \cdot \alpha_7 \cdot c_{\min} \cdot b_a^{1,58}}{0,77 \cdot p_a^{0,87} \cdot r^{0,48}} b_m^{-0,77} = 0 \end{cases}$$

$$A_1 C_1 - B_1^2 = \left(\frac{\alpha_7 \cdot c_{\min} \cdot b_m^{0,28}}{r^{1,48} \cdot p_a^{0,87}} \right)^2 \cdot \left(\frac{1,845 \alpha_s \cdot b_{a\min} \cdot r^{0,48} \cdot p_a^{0,87}}{\alpha_7 \cdot c_{\min} b_a^{1,48} \cdot b_m^{0,28}} + 0,0298 \right) > 0$$

Отсюда, локальный экстремум функции $K_0 = f(b_a, r)$ существует при любых положительных значениях параметров $A_1 \geq 0; C_1 \geq 0$, а значит, локальный экстремум

является минимумом. Аналогично можно показать, что и локальные экстремумы функций $K_0 = f(b_{\hat{a}}, b_m)$ и $K_0 = f(b_m, r)$ существуют и соответствуют минимумам.

Можно заключить, что локальный экстремум функции $K_0 = f(r, b_{\hat{a}}, b_m)$ также существует и соответствует минимуму, что в нашем случае не подходит.

Максимальное значение комплексного параметра качества K_0 можно найти в области, исключающей локальные экстремумы, т.е. в области, где данная функция будет гладкой, т.н. глобальный экстремум.

Для рассмотрения глобального экстремума функции $K_0 = f(r, b_{\hat{a}}, b_m)$ необходимо убедиться, что минимум данной функции не находится в выделенных областях значений

$$\begin{cases} b_{\hat{a}1} \leq b_{\hat{a}} \leq b_{\hat{a}2} < b_{\hat{a}\hat{e}\hat{i}\hat{e}} \\ b_{m1} \leq b_m \leq b_{m2} < b_{m\hat{e}\hat{i}\hat{e}} \\ r_{\hat{e}\hat{i}\hat{e}} < r_{m1} \leq r \leq r_{m2} \end{cases} \quad (4)$$

где $b_{\hat{a}1}, b_{\hat{a}2}, b_{m1}, b_{m2}, r_{m1}, r_{m2}$ – минимальные и максимальные значения соответствующих параметров в выделенной области; $b_{\hat{a}\hat{e}\hat{i}\hat{e}}, b_{m\hat{e}\hat{i}\hat{e}}, r_{\hat{e}\hat{i}\hat{e}}$ – координаты локального минимума.

Для нахождения значений $b_{\text{блок}}, b_{\text{блок}}, r_{\text{лок}}$ в минимуме функции $K_0 = f(r, b_{\hat{a}}, b_m)$ при заданном значении $P_{\hat{a}}$, необходимо решить систему трёх уравнений с тремя неизвестными $b_{\hat{a}}, b_m, r$ (3).

Из первых двух уравнений данной системы находим:

$$\begin{cases} b_{\hat{a}\hat{e}\hat{i}\hat{e}} = \left(\frac{0,487\alpha_s b_{\hat{a}\min}}{\alpha_7 c_{\min} b_m^{0,28}} \right)^{0,483} \cdot \left(\frac{0,623\alpha_7 b_m^{0,28} r_{\max} c_{\min}}{\alpha_5} \right)^{0,156} \cdot P_{\hat{a}}^{0,284} \\ r_{\hat{e}\hat{i}\hat{e}} = \left(\frac{0,623\alpha_7 b_m^{0,28} r_{\max} c_{\min}}{\alpha_5} \right)^{0,844} \cdot \left(\frac{0,487\alpha_5 b_{\hat{a}\min}}{\alpha_7 c_{\min} b_m^{0,28}} \right)^{0,517} \cdot P_{\hat{a}}^{-0,284} \end{cases} \quad (5)$$

Из третьего уравнения системы (3) находим:

$$b_{\hat{a}\hat{e}\hat{i}\hat{e}} = \frac{2,67(\alpha_4 b_{m\min})^{0,818}}{(\alpha_7 c_{\min})^{0,818}} \cdot \frac{r_{\hat{e}\hat{i}\hat{e}}^{0,39}}{b_{\hat{a}\hat{e}\hat{i}\hat{e}}^{1,285}} \cdot P_{\hat{a}}^{0,707},$$

Подставляя значения $b_{\hat{a}\hat{e}\hat{i}\hat{e}}$ и $r_{\hat{e}\hat{i}\hat{e}}$ из системы уравнений (5) в данное уравнение, получим систему трёх уравнений:

$$\begin{cases} b_{\hat{a}\hat{e}\hat{i}\hat{e}} = (A)^{0,483} \cdot (B)^{0,156} \cdot P_{\hat{a}}^{0,264} \\ r_{\hat{e}\hat{i}\hat{e}} = (B)^{0,844} \cdot (A)^{0,517} \cdot P_{\hat{a}}^{-0,284} \\ b_{m\hat{e}\hat{i}\hat{e}} = \frac{4,05(\alpha_4 b_{m\min})^{0,98}}{(\alpha_7 c_{\min})^{0,808} (\alpha_5 b_{e\min})^{0,48}} \cdot \left(\frac{r_{\max}}{\alpha_5} \right)^{0,148} \cdot P_{\hat{a}}^{0,266} \end{cases} \quad (6)$$

где: $A = \frac{0,487\alpha_5 b_{\min}}{\alpha_7 c_{\min} b_{\min}^{0,28}}$ $\hat{A} = \frac{0,623 \cdot \alpha_7 C_{\min} b_{\min}^{0,28} r_{\max}}{\alpha_5}$ определяются значением b_{\min} ,

а само b_{\min} для известного списка параметров дизелей полностью определяется постоянными коэффициентами и P_a .

Алгоритм нахождения глобального максимума K_0 по заданному P_a следующий:

1. Составляется таблица параметров из списка дизелей, которыми может быть укомплектовано данное судно: $P_e; l; s; h; M; b_e; b_m; r$.

2. По приведённым выше формулам:

– рассчитывается $p; m; C$ для каждого из двигателей;

– из таблицы параметров и расчётной таблицы определяются максимальные и минимальные значения соответствующих параметров: $p_{\max}; m_{\min}; b_{e\min}; b_{m\min}; r_{\max}; C_{\min}$;

– рассчитываются коэффициенты: $\frac{\alpha_1}{p_{\max}}; \alpha_2 \cdot m_{\min}; \alpha_3 \cdot b_{e\min}; \alpha_4 \cdot b_{m\min}; \frac{r_{\max}}{\alpha_5}$;

$\alpha_7 \cdot C_{\min}$, которые для выбранного списка двигателей являются постоянными;

– по формуле (1) рассчитывается значение K_0 исходного двигателя

3. Рассчитывается локальный минимум комплексного параметра качества:

– рассчитывается значение $b_{\text{блок}}$ из системы уравнений (6);

– подставляя найденное значение $b_{\text{блок}}$ в первые два уравнения данной системы уравнений, находят значения $b_{\text{блок}}, r_{\text{блок}}$;

– используя рассчитанные значения $b_{\text{блок}}, b_{\text{блок}}, r_{\text{блок}}$ при заданной номинальной эффективной мощности P_e по формуле:

$$\tilde{N}_{\text{дв}} = \frac{0,77 P_a^{0,87} r_{\text{дв}}^{0,48}}{b_{\text{дв}}^{1,58} b_{\text{дв}}^{0,28}}$$

находится теоретическая стоимость двигателя ($C_{\text{блок}}$), обладающего параметрами, соответствующими локальному минимуму;

– подставляя полученные значения $b_{\text{блок}}, b_{\text{блок}}, r_{\text{блок}}, C_{\text{блок}}$ в соответствующие значения формулы (1), при заданной P_e , находят комплексный параметр качества двигателя $K_{\text{блок}}$ в локальном минимуме функции

$$K_0 = f(r, b_a, b_m)$$

4. Находится глобальный максимум функции $K_0 = f(r, b_e, b_m)$ при заданной P_a :

– выбирают область допустимых значений по формуле (4);

– для каждого из выбранных значений $b_{e1}, b_{e1}, b_{e1}, b_{e1}, r_{m2}, r_{m2}$, по алгоритму п. 2 рассчитывают теоретическую стоимость и K_0 ;

– из полученных результатов выбирают те параметры b_e, b_m, r , которым соответствует максимальный K_0

– сравнивают полученные K_0 , стоимости и других параметров в существующей и оптимизированной модели и делаются выводы.

Оптимизация выбора параметров судовых дизелей по приведённому алгоритму была проведена нами на примере сухогрузного судна проекта № 507 Б, имеющего дизель марки 6NVD48A-U (Производитель SKL DDR).

Данный двигатель имеет следующие параметры: $P_e=662$ кВт; $p=40,66$ кВт/м³; $m = 24,47$ кг/кВт; $b_a = 0,217$ кг/(кВт·ч.); $r = 36000$ часов; $b_m = 0,0021$ кг/(кВт·час.); вид топлива – дизельное.

Расчёт на основе приведённых в таблице 1 экстремальных значений соответствующих параметров из списка двадцати дизелей дал результаты стоимости исходного дизеля $C = 1988000$ условных единиц и $K_0=0,413$.

Таблица 1 – Экстремальные параметры и расчётные коэффициенты дизелей

$\alpha_1=0,1$	$\alpha_2=0,12$	$\alpha_3=0,24$	$\alpha_4=0,14$	$\alpha_5=0,19$	$\alpha_6=0,14$	$\alpha_7=0,07$
$p_{max}=177,5$ кВт / м ³	$m_{min}=4,56$ кг / кВт	$b_{smin}=0,160$ кг / кВт · час	$b_{min}=0,00045$ кг / кВт · час	$r_{max}=60$ тыс. час.	0	$C_{min}=1325000$ (условных единиц)
$\frac{\alpha_1}{p_{max}} = 0,000563$	$\alpha_2 \cdot m_{min} = 0,547$	$\alpha_3 \cdot b_{smin} = 0,0384$	$\alpha_4 \cdot b_{min} = 0,000063$	$\frac{r_{max}}{\alpha_5} = 315789$	0	$\alpha_7 \cdot C_{min} = 92750$

Расчёт координат локального минимума М ($b_{тлок}, b_{влок}, r_{лок}$) по приведённым выше формулам дал такие результаты: $b_{тлок}=0,002206$ кг / кВт · час; $b_{влок}=0,236$ кг / кВт · час; $r_{лок}=15587$ часов. Расчёт стоимости и комплексного параметра качества дизеля, с параметрами, соответствующими локальному минимуму, дал результаты: $C_{лок}=901798$ условных единиц; $K_{лок}=0,388$.

Согласно полученным результатам допустимая область имеет такие границы:

$$\begin{cases} 0,16 \leq b_a \leq 0,2 < 0,236 \\ 0,00045 \leq b_m \leq 0,0021 < 0,0022 \\ 15587 < 17000 \leq r \leq 60000 \end{cases}$$

Таблица 2 – Граничные значения стоимости и комплексного параметра качества

Параметр	Значение параметра							
	0,0021				0,00045			
b_m	0,0021				0,00045			
b_a	0,16		0,22		0,16		0,22	
$r, 10^3$	17	60	17	60	17	60	17	60
$C, 10^3$	1757	3219	1063	1947	2501	4582	1513	2772
K_0	0,421	0,534	0,391	0,488	0,516	0,6	0,475	0,583

Как видно из таблицы, комплексный параметр качества в локальном минимуме действительно минимален ($K_{iie} = 0,388$). Комплексный параметр качества при всех граничных значениях параметров, кроме одного ($K_0 = 0,391$), больше соответствующего значения для исходного двигателя ($K_{iie} = 0,413$).

Выводы. Приведённый алгоритм нахождения максимального значения комплексного параметра качества может быть использован как методическое пособие для курсантов соответствующих специальностей морских институтов, так и для практического выбора более экономичного дизеля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волков В.В., Ломоносов А.В. Определение экономической эффективности проектированных СЭУ: Методические указания. – Херсон: ОТД ХСЗ, 1998. – 42 с.
2. Корнилов Э.В., Бойко П.В., Голофастов Э.И. Технические характеристики современных дизелей: Справочник. – Одесса: Негоциант, 2008. – 512 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОТРИЦАТЕЛЬНОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ N-ТИПА НА ОБРАТНОЙ ВАХ ВАРИКАПОВ

Богданов А.В., Малыгин Б.В., Коновалов М.Ю., Бень А.П.,
Вуз «Херсонский государственный морской институт» (Украина),

Хойна С.И.

ДП «Дніпро-напівпровідники» ВАТ «Компанія «Дніпро»» (Украина)

Актуальность исследований. Выпрямляющий p - n -переход является основным элементом твердотельной электроники. Основной причиной отбраковки годных полупроводниковых приборов являются завышенные обратные токи p - n -переходов. Годные полупроводниковые приборы иногда составляют всего несколько процентов от всех технологически полученных приборов. Поэтому для увеличения процента выхода годных приборов значительный интерес представляет изучение природы образования завышенных обратных токов и их связь с технологией изготовления p - n -переходов.

Анализ последних исследований и публикаций. Изучению нестабильностей обратного тока, в частности, механизма образования отрицательного дифференциального сопротивления N -типа, до настоящего времени уделялось недостаточно внимания. Сам факт уменьшения обратного тока с увеличением напряжения встречается достаточно часто и обусловлен неравновесным зарядом в диэлектрических плёнках. Изучение неравновесного заряда [1] на границе раздела $S_i - SiO_2$ методом термостимулированной проводимости при температуре 300-400⁰С показало, что он образуется за счёт донорно-акцепторных пар (ДАП). Образование такого неравновесного заряда на ДАП подтверждается также исследованиями долговременной релаксации обратного тока диодов Шоттки, прошедших магнитно-импульсную обработку (МИО) [2].

Целью настоящей работы является изучение природы образования нестабильностей обратного тока, обусловленного неравновесным зарядом на границе раздела $S_i - SiO_2$ и его связь с технологией изготовления, в частности, варикапов.

Результаты исследований. Для экспериментальных исследований выбирались варикапы типа 2В124А, изготовленные на заводе ДП «Дніпро-напівпровідники» ВАТ «Компанія «Дніпро»». Установка для МИО диодов и измерительная установка были те же, что и в работе [2]. Характерные вольтамперные характеристики (ВАХ) N -типа двух образцов варикапов представлены на рис. 1.

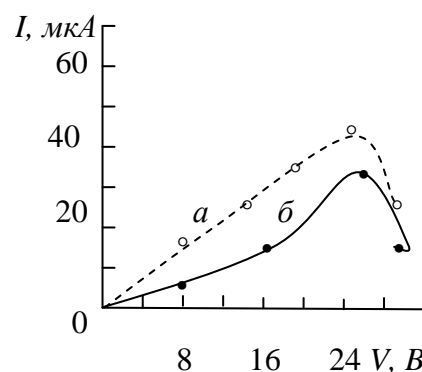


Рисунок 1 – ВАХ N -типа двух образцов варикапов типа 2В124А.

Отрицательное дифференциальное сопротивление N -типа на обратных ВАХ варикапов наблюдалось непосредственно после их МИО при токах примерно 20-100 мкА. Характерным для наблюдения отрицательного дифференциального сопротивления является наличие определённой области токов, при которых оно появляется, и уменьшение обратного сопротивления при последующем измерении ВАХ.

Завышенные обратные токи обусловлены в основном токами утечки через изолирующий p - n -переход слой диэлектрика с толщиной менее 1 микрона. Диэлектрики

имеют большую ширину запрещённой зоны и в их электропроводности значительную роль играют дефекты, обусловленные технологией изготовления *p-n*-перехода. Дефекты образуют ловушечные уровни. Электропроводность диэлектриков, обусловленная прыжками носителей заряда с одной ловушки на другую, получила название прыжковой проводимости или проводимостью, обусловленной донорно-акцепторной рекомбинацией (ДАР) носителей заряда. Характерным для такого механизма электропроводности являются длительные релаксации тока в течение многих часов. Длительные релаксации тока наблюдаются также и на обратных вольтамперных характеристиках *p-n*-переходов. Приборы с такими нестабильностями подлежат отбраковке как негодные.

Зависимость электропроводности (σ) при ДАР носителей заряда от времени (t) описывается формулой [1, 2]:

$$\sigma = \frac{q \mu N_v (N_a - N_d) \exp\left(-\frac{E_a}{kT}\right)}{N_d - c N_a \exp\left[-W_f (N_a - N_d) t\right]}, \quad (1)$$

где: W_f – коэффициент ДАР, выражаемый формулой:

$$W_f = W_{fo} \exp\left(-\frac{2R}{a_{DA}}\right), \quad (2)$$

W_{fo} – некоторая постоянная; a_{DA} – порядка постоянной решётки; R – среднее геометрическое расстояние между ловушками; N_a , N_d – концентрации донорной и акцепторной примесей (ловушек), соответственно; E_a – энергия активации более мелкой акцепторной примеси; $c = N_{od} / N_d$ – отношение концентрации заполненных неравновесными электронами доноров к общей их концентрации. В равновесном случае $N_{od} = 0$ и выражение (1) переходит в известное выражение для электропроводности компенсированных полупроводников.

При достаточно малом расстоянии между ловушками – R и достаточно большом коэффициенте ДАР – W_f электропроводность может уменьшаться со временем (при долговременных релаксациях обратного тока), образовывать максимумы при термостимулированной проводимости или уменьшаться при увеличении обратного напряжения (ВАХ *N*-типа).

Примерно при этих токах (10-30 мкА) наблюдалась релаксация обратного тока диодов Шоттки при их МИО [2]. Толщина слоя изолирующего *p-n* – переход диэлектрика была оценена в несколько десятков нанометров.

Выводы. Нестабильности обратного тока *p-n*-переходов могут приводить к ВАХ *N*-типа и *S*-типа. В отличие от образования ВАХ *S*-типа, которые, обычно, обусловлены тепловыми механизмами и неравномерным по площади *p-n*-перехода протеканием обратного тока, ВАХ *N*-типа обусловлены критически малой толщиной изолирующего диэлектрика и наличием большого количества дефектов на ней, образующих ловушечные уровни.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акулюшин Л.А., Богданов А.В., Новаковский Г.А., Продан Ф.В. Изучение подвижного заряда на границе раздела $S_i - SiO_2$ методом термостимулированной проводимости // Тезисы докладов конференции. Серия 3. Микроэлектроника. Аналитические методы исследования материалов и изделий микроэлектроники: Материалы V научно-технической конференции, сентябрь 1989.

2. Богданов А.В., Бень А.П., Хойна С.И. Релаксация обратного тока диодов Шоттки после их магнитно-импульсной обработки (МИО). // ААЭКС. – 2010. – № 1 (25). – С. 66-68.

ВПЛИВ ЯКОСТІ ЖИВИЛЬНОЇ ВОДИ ПАРОГЕНЕРАТОРНИХ УСТАНОВОК НАФТОГАЗОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ТРАНСПОРТУ НА ВИТРАТИ ПАЛИВА

Богатчук І.М.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу (Україна)

Процюк Б.Д., Богатчук М.І.

Центр нормативно-економічних досліджень ПАТ «Укрнафта»

(Івано-Франківськ, Україна)

Богатчук Л.О.

Івано-Франківська експедиція з геофізичних досліджень у свердловинах

ДГП «Укргеофізика» (Україна)

Вступ і актуальність досліджень. Зміни, що відбулись у народному господарстві, суттєво вплинули на необхідність економії паливно-мастильних матеріалів при експлуатації агрегатних установок нафтогазового технологічного транспорту нафтогазового комплексу України. В умовах ринкової економіки, коли на облік кожна зароблена й витрачена копійка, актуальним є питання заощадження енергоресурсів, які мають безпосередній вплив на собівартість виробленої продукції, зокрема видобутої нафти і газу (в даному випадку на одиницю виробленої пари).

Парогенераторні установки, типу [1]: ППУ-3; ППУ-3М; ППУА-1200/100; ППУА-1600/100; АДПМ-12/150У1; 2АДПМ-12/150-У1 та інші, призначені для депарафінізації привибійної зони свердловин, трубопроводів, резервуарів, арматури, підземного та наземного нафтопромислового обладнання, а також інших потреб, наприклад: мийки автомобілів перед техоглядом і фарбуванням, відпарювання землі і трубопроводів водопостачання, тепlopостачання та іншого. Виробниками ППУА 1600/100 (нової моделі) [5] передбачено додатковий режим ІІ, який призначено для операцій з обігріву, миття і інших внутрішньовиробничих робіт насиченою парою низького тиску.

До води, яка використовується для вироблення і закачування в пласт пари, ставляться підвищені вимоги, в порівнянні з водою, яка використовується у звичайних промислових котельнях. Пояснюється це тим, що в прямотечійних парових установках, якими є парогенератори, в результаті випаровування різко збільшується концентрація розчинених у воді солей [3].

При виробленні пари зі ступінню сухості 0,7 концентрація розчинених у залишковій воді солей збільшується в 3,5 рази. При ступені сухості пари 0,8 концентрація розчинених солей у залишковій воді зростає в 5 разів, а при ступені сухості виробленої пари 0,9 збільшується в 10 разів. Якщо вміст солей у воді перевищує межу їх розчинення, а розчинність солей при високих тисках значно знижується, то на внутрішніх поверхнях нагріву парової установки буде інтенсивно відкладатись накип [3].

Для усунення накипу в промислових котельнях проводять продувку солевмістимої води, що конструктивно і технологічно неможливо виконати в парогенераторах. Тому вода, яка представляє собою концентрований розчин солей, разом з парою закачується в оброблюваний пласт і погіршує його пористість і проникливість, що в свою чергу, негативно впливає на результати паротеплової обробки. У зв'язку з наведеним, з метою запобігання відкладання накипу на поверхнях, нагріву і виносу солей у свердловину необхідно видалити солі із живильної води парової установки [2, 3].

Згідно з існуючими нормами, загальна жорсткість живильної води для парогенераторів, які виробляють пару з тиском 60-110 кг/см², не повинна перевищувати в середньомісячній нормі 0,01-0,005 мг-екв/л, а вміст кисню в цій воді не повинен бути вищим 0,01-0,015 мг/кг [3].

Таблиця 1 – Техніко-експлуатаційні характеристики установок типу ППУ

Параметри	Тип установки				
	ППУ-3 [1]	ППУ-3М [1]	ППУА- 1200/100 [2]	ППУА- 1600/100 [4]	ППУА- 1600/100 [5] (модеф) режими I/II
Паропродуктивність, кг/год.	1000	1000	1200	1600	1600
Тиск пари, МПа	10	10	10	10	10 / 0,78
Температура пари, °С	310	310	310	310	310 / 175
Теплопродуктивність (розрахункова), кДж/год. (ккал/год.)	-	-	-	3929200 (940000)	3929200 (940000)/ 1178760 (282000)
Жорсткість живильної води, мкг-екв/кг (мг-екв/л), не більше	10 (0,01)	10 (0,01)	10 (0,01)	10 (0,01)	10 (0,01)
Температура живильної води °С, не нижче	5	5	5	5	5
Час необхідний для отримання пари з моменту пуску установки, хв., не більше	-	-	-	20	20/20
Витрата палива паровим котлом, кг/год., не більше	82	82	83,2	110	110/35
Паливо для роботи установки	Дизельне ГОСТ 305-82	Дизельне ГОСТ 305-82	Дизельне ГОСТ 305-82	Дизельне ГОСТ 305-82	Дизельне ГОСТ 305-82

Для забезпечення таких високих вимог необхідна попередня очистка сирової води.

У процесі роботи парогенераторних установок мають місце випадки порушення правил інструкцій з технічної експлуатації. На жаль, у виробничих умовах не завжди контролюється якість живильної води, що подається до парогенератора. Зустрічаються також інші порушення: перегрів котла та ін. Неналежно підготовлена вода зумовлює появу шару накипу з низьким коефіцієнтом теплопровідності, та, як наслідок, і високого термічного опору стінок труб, що призводить до зниження коефіцієнта корисної дії (ККД) котла, перевитрат палива на отримання необхідної кількості пари, в порівнянні з нормативними даними, регламентованими інструкціями з технічної експлуатації установок [2, 4, 5].

В інструкціях [2, 4, 5] особлива увага звертається на якість живильної води. Застерігається, що безвідмовна і довговічна робота парового котла залежить, в основному, від якості живильної води і її твердості, тобто від вмісту в живильній воді накипоутворюючих солей.

При роботі парового котла на воді з твердістю більше 0,01 мг-екв/л (10 мкг-екв/л) на внутрішніх стінках змійовиків осідає накип. У місцях відкладання накипу зменшується теплопровідність металу труб, стінки змійовика перегріваються, проходить перепал і розрив змійовика. Чим гірша якість живильної води, тим інтенсивніше відкладається накип. Інструкціями з технічної експлуатації установок [2, 4, 5] застерігається, що робота парового котла на непідготовленій живильній воді не допускається. Згадане має негативний вплив і на надійність роботи установки.

Однак, у зв'язку з характером роботи, експлуатація парогенераторних установок часто здійснюється в польових умовах на далекій відстані від основних баз їх дислокації (зберігання і обліку), що призводить до вимушеного споживання фізично і хімічно непідготовленої живильної води. Як правило, це підземні природні джерельні води, води з рік, озер, ставків та ін. За фізико-хімічними властивостями згадані води не відповідають поставленим вимогам, передбаченим інструкціями з експлуатації [2-5], для яких твердість повинна бути менша 10 мкг-екв/кг. За різними інформаційними джерелами [6, 7] твердість природної непідготовленої води складає від 0,5 до 5,0 мг-екв/л, що більш як в 50 разів перевищує передбачені інструкціями з експлуатації парогенераторних установок [2, 4, 5] нормативи.

На деяких нафтогазопромислових підприємствах відсутні системи для підготовки живильної води для котельних агрегатів. У кращому випадку природну воду відстоюють.

Аналіз умов експлуатації парогенераторних установок мобільного типу показує, що їх кількість у підприємствах нафтогазової галузі роздрібнена (не сконцентрована в одному територіальному чи регіональному районі). Нафтогазові управління чи інші підприємства, які займаються експлуатацією свердловин, зберіганням чи транспортуванням нафти або газу, мають одну, а в кращому випадку дві і більше парогенераторні установки.

Таким організаціям не завжди доцільно створювати спеціальні технологічні системи для підготовки живильної води, в кращому випадку при невеликих відстанях до місця експлуатації установок, використовують живильну воду котельних агрегатів, яка споживається для обігріву приміщень та інших побутових потреб, причому вони різні за фізико-хімічними властивостями для живлення парових і водогрійних котлів.

Підготовка живильної води для парогенераторних установок у технологічному і технічному відношенні досить складна і фінансово дорога, в зв'язку з чим деякі експлуатуючі організації нехтують правилами з експлуатації парогенераторних установок (підготовки живильної води) і використовують технічну воду, якою користуються на об'єктах нафтогазової галузі. Тут має місце певна економічна доцільність, оскільки витрати на створення системи водопідготовки і витратних матеріалів для цього буде перевищувати вартість ремонту (кислотної обробки парового котла, яка проводиться з метою усунення накипу на стінках змійовиків, що утворився внаслідок використання неякісної води). Враховуючи, що парогенераторні установки працюють на далеких відстанях від основних баз, де можна заправити установку підготовленою живильною водою, інколи економічно недоцільно транспортувати установку для заправки живильною водою на основну базу, так як транспортні витрати на переїзд установки до основної бази можуть бути набагато більші, ніж на кислотну обробку (ремонт) парогенераторних котлів.

При тривалій вимушеній експлуатації парового котла на непідготовленій воді, коли на внутрішніх стінках утворився накип, виникає необхідність коректувати нормативи на витрату палива поправочними коефіцієнтами, через зниження коефіцієнту теплопередачі від котельних газів до води або пари і збільшує витрати палива через зниження ККД.

Слід зауважити, що температура живильної води теж має вплив на витрати палива. Даний чинник бажано враховувати при обчисленні і корегуванні норм витрат палива.

Постановка задачі. Враховуючи умови експлуатації парогенераторних установок мобільного типу на непідготовленій воді, коли на внутрішніх стінках утворюється накип, знижується коефіцієнт теплопередачі, а значить, і ККД установки. У цілому стає необхідність корегувати норми витрат палива поправочними коефіцієнтами.

Використання живильної води з різною температурою також веде до зниження або збільшення витрат палива на одиницю виробленої пари.

Метою запропонованої роботи є розробка рекомендацій з розрахунку витрат палива при зміні ККД установки та температури живильної води, яка подається в котел теплогенератора.

Результати досліджень. Розглянемо теоретичну розрахункову питому витрату палива при роботі установок ППУА-1600/100; ППУА-1200/100. Для розрахунків візьмемо

рекомендовані інструкцією з експлуатації режими [2, 4, 5]. При цьому використовуємо термодинамічні властивості води і водяної пари в стані насичення (за тиском), використовуючи джерело [8].

Для отримання сухої насиченої пари з води за температури $t_B < t_S$ за умови сталого абсолютного тиску (суха насичена пара має температуру насичення t_S) питома кількість теплоти складає [9-11]

$$q_{cnn} = c_p \cdot (t_S - t_B) + r = c_p \cdot (t_S - t_B) + (i'' - i') = i'' - c_p \cdot t_B, \text{ кДж/(кгК)}, \quad (1)$$

де c_p – питома масова ізобарна теплоємність води, кДж/(кгК); для подальших розрахунків згідно з рекомендаціями [10] приймаємо $c_p = 4,19$ кДж/(кгК);

t_B – температура живильної води, яка в практичних умовах коливається в певних межах, °С;

t_S – температура сухої насиченої пари, °С;

r – питома теплота пароутворення ($r = i'' - i'$), кДж/кг;

i'' – ентальпія сухої насиченої пари, кДж/кг;

$i' = c_p \cdot t_S$ – ентальпія киплячої води, кДж/кг;

$i_B = c_p \cdot t_B$ – ентальпія живильної води, кДж/кг.

Для отримання 1 кг вологої насиченої пари з мірою сухості x з води, що має температуру $t_B < t_S$ витрата питомої теплоти складе [9-11]

$$q_x = c_p \cdot (t_S - t_B) + x \cdot r = i' \cdot (1 - x) + x \cdot i'' - i_B, \text{ кДж/(кгК)}, \quad (2)$$

де x – міра сухості вологої насиченої пари (x змінюється від 0 до 1).

Підставивши у формулу 2 замість i_B значення $c_p \cdot t_B$, отримуємо кількість підведеної питомої теплоти до води для отримання вологої насиченої пари

$$q_x = i''x + i' \cdot (1 - x) - c_p \cdot t_B, \text{ кДж/кг} \quad (3)$$

Теоретична годинна витрата палива установок при зміні ККД складає [12, 13]

$$B = \frac{q_x \cdot D}{\eta_{\text{бп}} \cdot Q_n^p}, \text{ кг/год}, \quad (4)$$

де D – паро(водо)продуктивність парогенераторної установки, кг/год; $\eta_{\text{бп}}$ – ККД бруutto парогенераторної установки, відповідно для установок ППУА-1200/100- $\eta'_{\text{бп}} = 0,817$ і ППУА-1600/100- $\eta''_{\text{бп}} = 0,824$; Q_n^p – нижча теплота згоряння палива, за його робочою масою кДж/кг; для дизельного палива згідно з [2, 4, 5] $Q_n^p = 42564$ кДж/кг палива.

За нормативними даними для парогенераторних установок типу ППУА-1200/100 при $P=9,81$ МПа, $t=310$ °С, $D=1200$ кг/год, витрата палива складає $B_{1,2}=83,2$ кг/год. [2]; для установки ППУА-1600/100 при тих же параметрах P і t і продуктивності $D=1600$ кг/год. – $B_{1,6}=110$ кг/год. [4]. Модифікована парогенераторна установка ППУА-1600/100 [5] має додатковий режим II з параметрами $P=0,78$ МПа, $t=175$ °С, $D=1600$ кг/год. і витратою палива $B_{1,6}^1=35$ кг/год.

У технічній характеристиці та інструкціях з експлуатації установок [2, 4, 5] відсутні дані про коефіцієнт корисної дії парогенераторних установок. Джерелами [3, 11] наводяться дані, що ККД бруutto подібного типу установок становить від 0,7...0,8 і більше для різного типу парогенераторних установок. Знаючи витрату палива для одержання сухої насиченої пари за потрібних P , t і x , а також рекомендовану витрату палива згідно з технічною характеристикою установок [2, 4, 5], визначаємо коефіцієнт корисної дії бруutto парогенераторної установки

$$\eta_{бр} = \frac{B}{B_{ТХ}}, \quad (5)$$

де $B_{ТХ}$ – витрата палива для зазначених Р, t і x; за технічними характеристиками установок ППУА-1200/100 – 83,2 кг/год, ППУА-1600/100 – 110 кг/год.

Використавши методики, наведені в роботах [12, 13] і застосовуючи середовище EXCEL, отримано графік і поліноміальні залежності другої степені з вірогідною апроксимацією не менше $R^2 = 0,9987$, що свідчить про високу точність і можливість використання отриманих залежностей для визначення витрат палива при зміні ККД від 0,5 до 0,9, розрахованих за формулою (4) при наступних вихідних даних: $c_p = 4,19$ кДж/(кгК); $Q_n^p = 42564$ кДж/кг; $t_B = 18$ °С); $x = 0,8$;

На рисунку 1 зображено графік зміни витрат палива при зміні ККД від 0,5 до 1, розрахованих за формулою (4) при наведених вихідних даних.

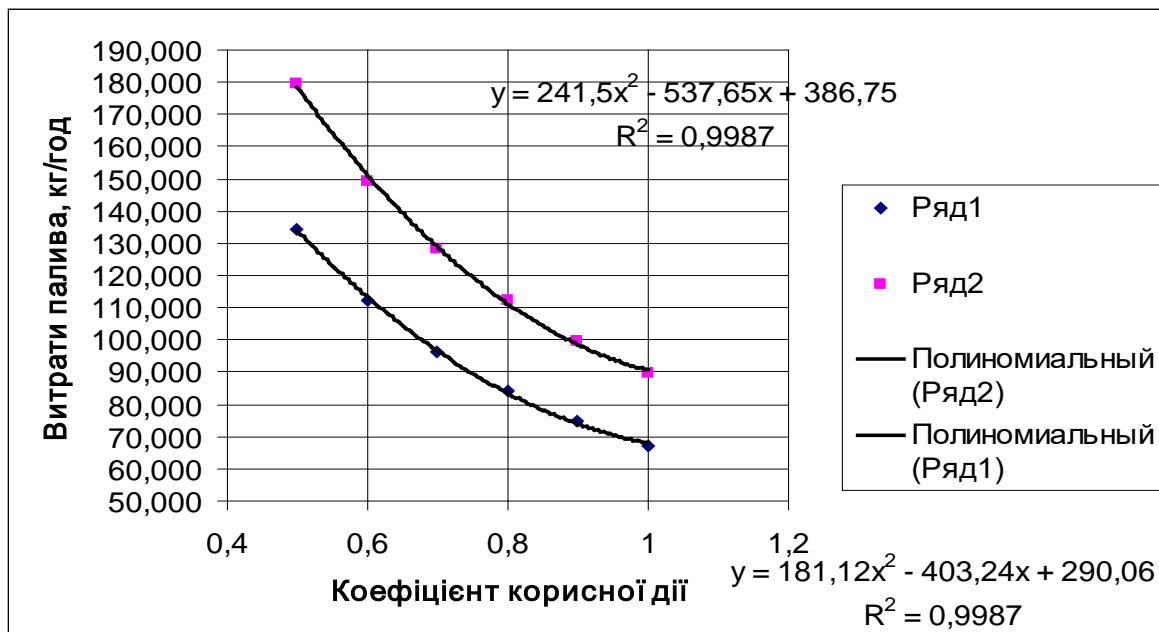


Рисунок 1 – Залежність витрат палива В парогенераторними установками при зміні коефіцієнта корисної дії $\eta_{бр}$

В отриманих поліноміальних залежностях, замінивши x на $\eta_{бр}$ і y на В, отримаємо рівняння (6, 7) для визначення витрат палива при зміні ККД від 0,5 до 0,9, розрахованих за формулою (4) при вищенаведених вихідних даних

$$V_{1,2} = 181,12\eta_{бр}^2 - 403,24\eta_{бр} + 290,06; \text{ при } R^2 = 0,9987; \quad (6)$$

$$V_{1,6} = 241,5\eta_{бр}^2 - 537,65\eta_{бр} + 386,75; \text{ при } R^2 = 0,9987. \quad (7)$$

Використання парогенераторної установки в різні пори року при різній вхідній температурі живильної води також вимагає корегування витрат палива.

Якщо прийняти, що температура живильної води при теплотехнічних розрахунках парогенераторних установок приймалась 18°С, то рекомендовані в інструкціях з експлуатації [2, 4, 5] витрати палива можна прийняти як середнє значення. Зміна температури води відносно середнього прийнятого значення ($t_B=18$ °С) буде, згідно з теплотехнічними розрахунками, приводити до збільшення або зменшення витрат палива парогенераторними установками на отримання певної порції пари.

Використавши формулу 3 та методики, наведені в роботах [12,13], і застосовуючи середовище EXCEL, отримаємо графік з поліноміальними залежностями для розрахунку витрат палива при зміні температури живильної води від 6-30 °С. Вірогідна апроксимація

отриманих залежностей $R^2 = 1$, що свідчить про високу точність і можливість використання отриманих залежностей для визначення витрат палива, розрахованих за формулою 4.

Розрахунки витрат палива в залежності від зміни температури живильної води для установок ППУА-1200 велись при наступних вихідних величинах: $c_p = 4,19$ кДж/(кгК); $Q_n^p = 42564$ кДж/кг; $t_B = 6...30$ °С; $x = 0,8$; $\eta_{op} = 0,808$.

На рисунку 2 зображено графік і поліноміальна залежність зміни витрат палива парогенераторними установками ППУА-1200 від зміни температури живильної води.

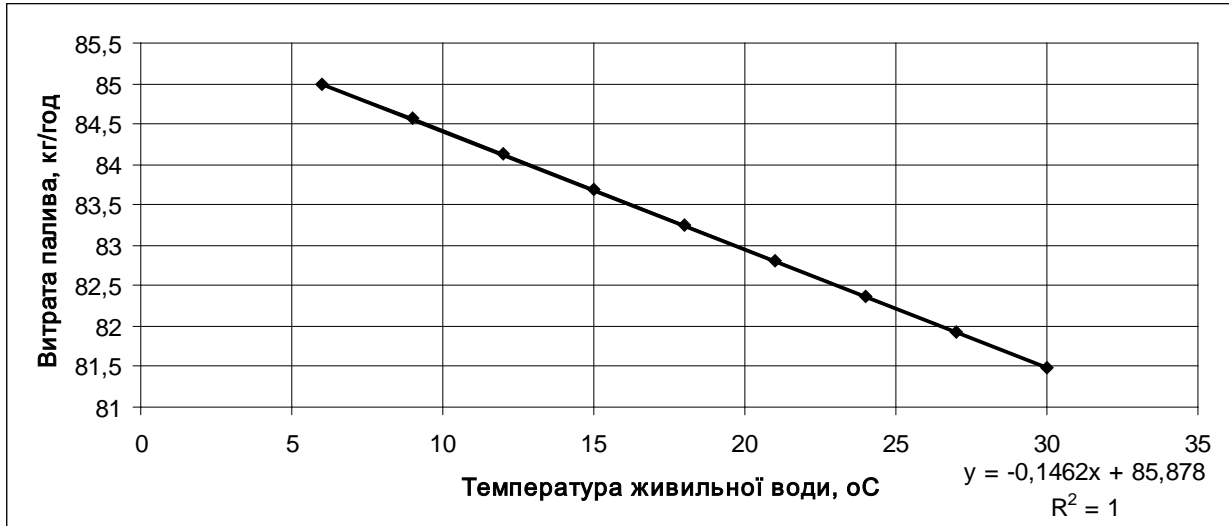


Рисунок 2 – Залежність годинної витрати палива В від вхідної температури живильної води t_B

Розрахунки витрат палива в залежності від зміни температури живильної води для установок ППУА-1600 велись при наступних вихідних величинах: $c_p = 4,19$ кДж/(кгК); $Q_n^p = 42564$ кДж/кг; $t_B = 6...30$ °С; $x = 0,8$; $\eta_{op} = 0,815$.

На рисунку 3 зображено графік і поліноміальну залежність зміни витрат палива парогенераторними установками ППУА-1600 від зміни температури живильної води.

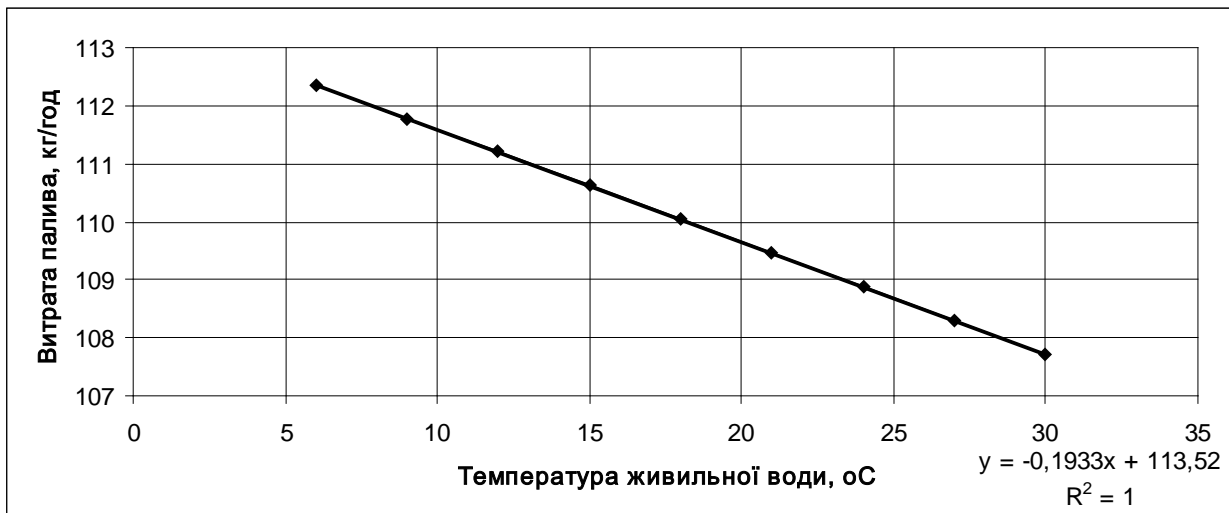


Рисунок 3 – Залежність годинної витрати палива В від вхідної температури живильної води t_B

В отриманих поліноміальних залежностях, замінивши x на t_B і y на B , отримаємо рівняння (8, 9) для визначення витрат палива при зміні t_B від 6 до 30 °С для вищенаведених вихідних даних.

$$B_{1,2} = -0,1462 t_B + 85,878; \text{ при } R^2 = 1; \quad (8)$$

$$B_{1,6} = -0,1933 t_B + 113,52; \text{ при } R^2 = 1. \quad (9)$$

Нормативні витрати палива парогенераторних установок [2, 4, 5] ППУА-1200/100 – 83,2 кг/год. і ППУА-1600/100 – 110 кг/год. приблизно відповідають температурі живильної води $t_B=18$ °С. Згідно з отриманими залежностями (9, 10) зміна температури живильної води на 1 °С, приводить до зниження або підвищення витрат палива на 0,1462 кг/год. для ППУА 1200/100 і на 0,1933 кг/год. для ППУА 1600/100 від прийнятого середнього значення $t_B=18$ °С. Отримані значення збільшення або зменшення витрат палива рівнозначні коефіцієнтам отриманим у формулах (9, 10). При вхідній температурі живильної води вище $t_B=18$ °С необхідно від нормативної загальної кількості палива відняти: для установок ППУА 1200/100 по 0,1462 кг/год. і ППУА 1600/100 по 0,1933 кг/год. палива на 1 °С. Якщо температура менше середньоприйнятої, то, навпаки, необхідно додати цю кількість палива до нормативів.

Висновки. Експлуатаційні спостереження і аналіз витрат палива при роботі парогенераторних установок показали, що в багатьох випадках дійсні витрати палива не співпадають з витратами за технічними характеристиками парогенераторної установки.

Порушення правил інструкцій з технічної експлуатації установок призводить до використання непідготовленої живильної води, що приводить до перегріву котла і зумовлює появу шару накипу з низьким коефіцієнтом теплопровідності, та, як наслідок, і високого термічного опору стінок труб, що призводить до зниження коефіцієнта корисної дії (ККД) котла і значних необґрунтованих перевитрат палива, через зменшення ККД. Для установки ППУА 1600/100 зменшення ККД з 0,8 до 0,7 призведе до збільшення витрат палива від 112,106 кг/год. до 128,121 кг/год., що складе 16,015 кг/год.

Наприклад, для установки ППУА 1600/100 при збільшенні температури живильної води з 18 °С до 30 °С необхідно від нормативних витрат відняти $\approx 2,32$ кг/год. палива, а при 6-годинній роботі установки $\approx 13,92$ кг, що приблизно буде складати 16,37 літрів за зміну при густині дизельного палива 0,85 т/м³.

В інструкціях [2, 4, 5] особлива увага звертається на якість живильної води. Застерігається, що безвідмовна і довговічна робота парового котла залежить в основному від якості живильної води і її твердості, тобто від вмісту в живильній воді накип утворюючих солей.

Інструкціями з технічної експлуатації установок [2, 4, 5] робота парового котла на непідготовленій живильній воді не допускається.

Експлуатація парогенераторних установок у польових умовах на далекій відстані від основних баз їх дислокації (зберігання і обліку) призводить до вимушеного споживання фізично і хімічно непідготовленої живильної води, як правило, це підземні природні джерельні води, води з рік, озер, ставків, які за фізико-хімічними властивостями не відповідають поставленим вимогам, передбаченим інструкціями з експлуатації. За різними інформаційними джерелами [6, 7] твердість природної непідготовленої води складає від 0,5 до 5,0 мг-екв/л, що щонайменше в 50 разів більше, ніж передбачено інструкціями з експлуатації парогенераторних установок [2, 4, 5].

Усе вищенаведене вимагає корегування витрат палива при експлуатації парогенераторних установок мобільного типу.

Отримані результати нормативами служити не можуть.

ЛІТЕРАТУРА

1. Нефтепромышленное оборудование: Справочник. Под ред. Е.И.Бухаленко. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1990. – 559 с.
2. Установка промышленная паровая передвижная ППУА-1600/100. Руководство по эксплуатации (ТУ 26-02-987-85). ОАО "Нальчикский машиностроительный завод" – Нальчик, КБР – 2005. – 73 с.
3. Байбаков Н.К., Брагин В.А., Гарушев А.Р., Толстой И.В. Термоинтенсификация добычи нефти – М.: Недра, 1971. – 280 с.
4. Установка промышленная паровая передвижная ППУА-1200/100. Техническое описание и инструкция по эксплуатации (25.00.00.000 ТО). – 1989. – 72 с.
5. Установка промышленная паровая передвижная ППУА-1600/100. Техническое описание и инструкция по эксплуатации (35.00.00.000 ТО). – 2004. – 61 с.
6. Окоча А. И., Білоконь Я. Ю. Довідник по паливу і мастильних матеріалів. – К.: Урожай, 1988. – 184 с.
7. Колесник П.А. Материаловедение на автомобильном транспорте. – М.: Транспорт, 1987. – 271 с.
8. Ривкин С.Л., Александров А.А. Теплофизические свойства воды и водяного пара. – М.: Энергия, 1980. – 424 с.
9. Литвин А.М. Теоретические основы теплотехники. – М.: Энергия, 1969. – 328 с.
10. Буляндра О.Ф. Технічна термодинаміка – К.: Техніка, 2001. – 320 с.
11. Поршаков Б.П., Романов Б.Д. Основы термодинамики и теплотехники. – М.: Недра, 1988. – 300 с.
12. Козак Ф.В., Процюк Б.Д., Богатчук М.І. Про методику визначення витрат палива парогенераторними установками нафтогазового технологічного транспорту // Науковий вісник ІФНТУНГ. – 2008. – № 2 (18). – С. 89-93.
13. Козак Ф.В., Процюк Б.Д., Богатчук М.І., Богатчук Л.О. Методика визначення витрат палива парогенераторними установками нафтогазового технологічного транспорту для різних режимів експлуатації. // Науковий вісник ІФНТУНГ. – 2010. – № 3 (25). – С. 36-45.

ЭНЕРГОНАКОПИТЕЛЬНАЯ РЕКУПЕРАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ГОРОДСКОГО ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА НА БАЗЕ СУПЕРКОНДЕНСАТОРОВ С СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЕЙ

Вершинин Д.В., Смотров Е.А., Сусленко А.Ю., Фель А.М.
ГП НТЦ «Станкосерт»
(Одесса, Украина)

Введение. Перспективность применения автономного электропривода для городских транспортных средств (ТС) мало у кого вызывают сомнения. Это утверждение основывается не только на экологических аспектах, которые в будущем будут играть доминирующую роль в развитии городского транспорта и транспорта для закрытых территорий, но и на анализе энергетической эффективности электромобиля. В конечном итоге, электромобиль практически в 2 раза эффективнее расходует энергию, по сравнению с традиционными ТС, приводимыми в движение двигателями внутреннего сгорания (ДВС). К этому необходимо добавить простоту конструкции ЭТС (отсутствие сложных механических узлов с большими затратами на трение), и как следствие, низкую стоимость обслуживания электромобилей.

Постановка задачи. Современные решения в области электротранспорта при всех своих достоинствах имеют ряд недостатков, связанных с техническими ограничениями эксплуатации таких ТС, препятствующих их массовому внедрению в современные транспортные потоки. Одной из таких проблем является малый ресурс (относительно ресурса остальных узлов электротранспорта), дороговизна и недостаточно большая (с точки зрения средней дистанции пробега автомобиля в день, особенно что касается муниципального и обслуживающего транспорта) емкость аккумуляторной батареи (АБ) электротранспортного средства (ЭТС). (В тексте данной статьи под понятием АБ следует понимать LiFePO₄ батареи, но большинство сказанного в той или иной мере справедливо и по отношению к другим типам АБ).

Результаты исследований. Данная статья освещает основные характеристики и принципы работы энергонакопительной рекуперационной системы на базе суперконденсаторов, призванной решить некоторые из вышеуказанных проблем. В основе принципа работы этой системы лежит преобразование кинетической энергии движения ЭТС при торможении в электрическую энергию с накоплением последней в виде заряда импульсных суперконденсаторов и последующим его использованием при разгоне, именуемое рекуперативным торможением. Рекуперация сама по себе не является инновативной идеей, многие ТС, в том числе троллейбусы, трамваи и электровозы могут рекуперировать указанную энергию в сеть, если сеть обладает свойством обратимости. На ЭТС с автономным источником питания (АБ) не имеется такой возможности, следовательно, приходится рекуперировать энергию в АБ, но в таком режиме количество и скорость передачи энергии значительно превышают возможности АБ по «усвоению» (КПД заряда током 0,5С в среднем не превышает 60%) [1]; имеют место большие тепловые потери, которые, кроме очевидных недостатков, приводят к ускоренному износу батареи. В связи с этим является перспективным использование импульсных суперконденсаторов (СК) в качестве буферного накопителя рекуперированной энергии. Такие соображения основаны на характеристиках СК, обладающих малым внутренним сопротивлением и индуктивностью, малым током утечки (в сравнении с обычными конденсаторами), длительным сроком службы (вплоть до 30 лет), а также способностью за очень небольшие (в сравнении с АБ) промежутки времени эффективно принимать и отдавать большие количества энергии. Эффективное использование СК требует применения специального устройства, позволяющего управлять процессом заряда и разряда СК, уменьшая при этом пиковые токи АБ. Эту функцию и выполняет

енергонакопительная рекуперационная система, схема включения которой приведена на рисунке 1.

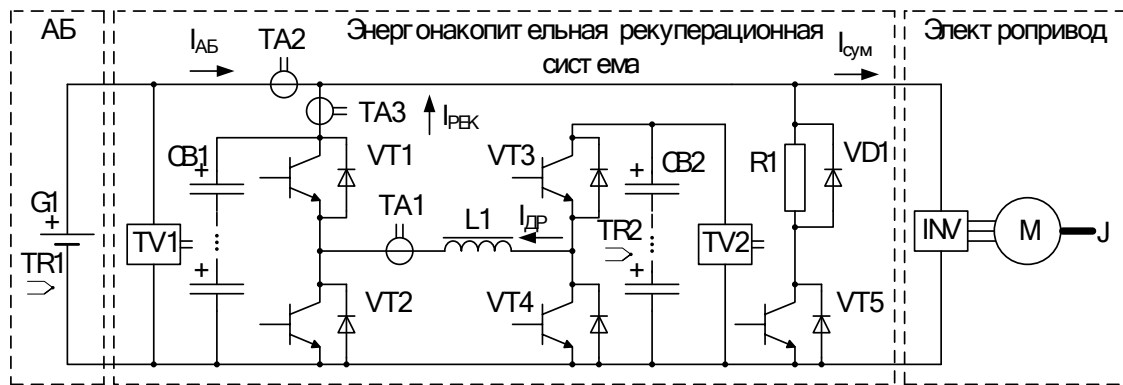


Рисунок 1 – Схема включения энергонакопительной рекуперационной системы в состав силового оборудования ЭТС

Описание входящих в состав элементов:

G1 – силовая аккумуляторная батарея ЭТС;

TA1, TA2, TA3 – датчики тока дросселя, АБ и рекуператора соответственно;

TV1, TV2 – датчики напряжения АБ и СК;

VT1, VT2, VT3, VT4, VT5 – силовые IGBT ключи;

CB1 – емкостной блок подавления пульсаций в звене постоянного тока;

CB2 – батарея импульсных суперконденсаторов;

L1 – силовой дроссель;

R1 – шунтирующий (разрядный) резистор;

VD1 – диод, шунтирующий всплески самоиндукции на паразитной индуктивности разрядного резистора;

TR1, TR2 – датчики температуры АБ и СК.

Приведенная выше схема силовой части энергонакопительной рекуперационной системы рассматривается как контролируемый источник тока [2] и предоставляет такие возможности:

- накопление и хранение энергии торможения в СК, путем коммутации VT1 (до уровня напряжения на АБ) и VT4 при полностью открытом VT1 (boost режим, позволяющий заряжать СК до напряжения в 2-3 раза выше напряжения АБ);

- отдача энергии при разгоне в электропривод, для ограничения тока АБ, коммутируя VT3 (при уровне напряжения СК выше уровня АБ) и VT2 при полностью открытом VT3 после уменьшения напряжения на СК ниже уровня АБ;

- возможность шунтирования АБ резистором R1 путем коммутации VT5 для обеспечения защиты АБ от перенапряжений;

- как результат трех вышеуказанных функций система позволяет стабилизировать токи заряда и разряда АБ, значительно уменьшает пиковые токи АБ;

- максимально токовая защита силовых элементов системы – транзисторов и дросселя;

- защита от перенапряжения АБ и СК;

- защита от перегрева.

Реализовать все эти возможности позволяет система управления, построенная на основе микроконтроллера. Взаимодействие силовой части и блока управления можно изобразить в виде структурной схемы, приведенной ниже.

Сигналы со всех датчиков поступают на соответствующие узлы нормирования, после чего они, уже приведенные к допустимым уровням, обрабатываются в АЦП на борту микроконтроллера с различной частотой опроса:

– токи АБ, дросселя и рекуператора (быстро меняющиеся параметры и также приоритетные для вычислений ПИ-регулятора) измеряются с частотой 500 КГц, так как такая частота преобразования необходима для получения достаточно точной информации о состоянии системы и как следствие – точной, быстродействующей системы регулирования;

– напряжения АБ и СК измеряем с частотой 80 КГц (напряжение на СК и АБ меняются с меньшей, относительно токов, скоростью);

– сигналы с термодатчиков обладают значительной инерционностью по сравнению с вышеупомянутыми сигналами и поэтому их измерение производится с частотой обчета системы 20 КГц.

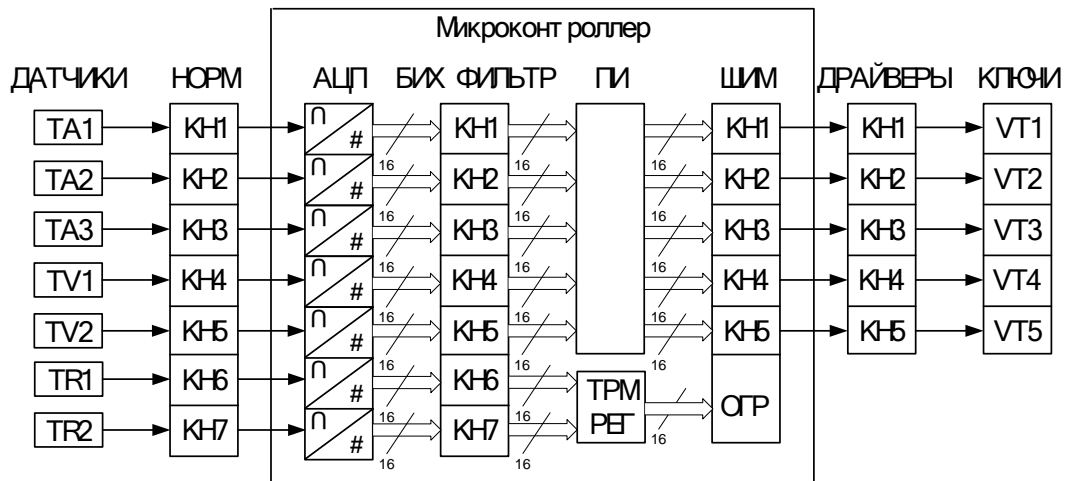


Рисунок 2 – Структурная схема взаимодействия силовой части и блока управления

После преобразования цифровые данные поступают на цифровую обработку фильтрами с бесконечной импульсной характеристикой (БИХ фильтрация), что в значительной мере способствует получению наиболее достоверных данных, уменьшая влияния различных помех: электромагнитной, шума дискретизации и т.д. Параметры фильтров выбираются в соответствии с требованиями к качеству фильтруемых параметров и инерционности сигнала.

Отфильтрованные значения токов и напряжений поступают на вход ПИ регулятора, состоящего из двух последовательных звеньев:

- первое контролирует ток АБ и рекуператора, выбирает соответствующий режим в зависимости от величины стабилизируемого тока;
- второе, получает задание с выхода первого звена и удерживает ток дросселя в заданных пределах.

Значения напряжений устанавливают ограничения на режимы работы силового модуля:

- при превышении допустимого уровня напряжения на СК (задаваемого производителем) система управления запрещает режим заряда СК, позволяя только разряжаться;
- в случае превышения допустимого уровня напряжения на АБ система управления инициирует коммутацию разрядного ключа VT5.

Данные о температуре используются для защиты системы в предельных условиях – в случае превышения температуры АБ или СК система управления, после предупредительного сигнала, полностью отключает коммутацию силовых ключей VT1-VT4. Такое радикальное решение связано с тем, что выход температурных показателей из диапазона свидетельствует о нарушении режима эксплуатации или выхода из строя оборудования и требует немедленного реагирования для предотвращения нанесения травм пассажирам, ускоренного износа или полной потери ресурса силовой установки ЭТС.

Ниже на рисунке 3 предложена структура регулятора, которая была реализована программными средствами на базе микроконтроллера. Как уже говорилось, она содержит 2 подчиненных контура регулирования и один независимый. Рассмотрим более детально механизм их функционирования в различных режимах движения ЭТС.

В момент получения энергонакопительной рекуперационной системой разрешения на работу происходит самодиагностика и калибровка ее датчиков, по результатам которых производятся последующие действия. Если напряжение на конденсаторах отличается от номинального вследствие различных причин: длительного простоя ЭТС, недостаточно интенсивного предшествующего торможения, следует подзарядка суперконденсаторов до стандартного уровня. Эта операция производится для обеспечения возможности стабилизировать ток АБ в период движения с самого начала, вместо того чтобы ждать первого активного торможения во время которого будет запасено достаточное количество энергии в СК. После выполнения подготовки система переходит в основной режим работы.

Как уже говорилось, рассматриваемое устройство является контролируемым источником тока и соответственно приоритетным источником задания режима работы является ток АБ, определяемый режимом работы электропривода. Необходимо сказать, что рекуператор призван компенсировать только динамическую составляющую тока потребления приводами ЭТС (статическая составляющая предполагает ток, который идет на преодоление статического момента ЭТС и определяется в начале движения – стартировании с места), а также позволяет АБ заряжаться номинальным (согласно документации на конкретную АБ) током при торможении. Таким образом, приняв полярность токов согласно обозначениям на рисунке 1, можно записать требуемый ток рекуператора в виде:

$$I_{\text{задан}} = \begin{cases} I_{\text{АБ}} - I_{\text{стат}}, I_{\text{АБ}} > 0 \\ I_{\text{АБ}} + I_{\text{заряд}}, I_{\text{АБ}} < 0 \end{cases} \quad (1)$$

На рисунке 3 видно, что в регуляторе это условие выполняется в виде мертвой зоны. Сигнал ошибки регулирования формируется при помощи сумматора, реализующего равенство:

$$x = I_{\text{зад}} - I_{\text{PE}} \quad (2)$$

Далее по структуре идут звенья, реализующие ПИ закон регулирования, соединенные с выходом, а также селектор режимов SW1 который, по команде от датчика напряжения TV2, подключает выход к параллельной ветви, которая запрещает прохождение положительного сигнала ПИ на вход ПИ2, тем самым исключает возможность дальнейшего заряда СК до момента снижения показаний TV2 меньше нижнего порога.

Далее следует второе звено, на вход которого подается сигнал с выхода первого звена и с датчика тока дросселя. Второй сигнал, перед тем как попасть на сумматор, поступает на вход элемента мертвой зоны, что обеспечивает зону нечувствительности. Таким образом, реализуется механизм токоограничения – пока ток дросселя находится в пределах, обозначенных как допустимые, он не вносит никаких коррекций в процесс регулирования, если же он вышел за мертвую зону – происходит вычитание сигнала задания и сигнала с датчика тока.

$$x = \begin{cases} \text{ПИ}2, |I_{\text{ДР}}| < dz \\ \text{ПИ}2 - I_{\text{ДР}}, |I_{\text{ДР}}| > dz \end{cases} \quad (3)$$

За сумматором следуют аналогичные предыдущему блоки ПИ регулятора, выход которого соединен с ШИМ модулятором каналов управления VT1-VT4, имеющим также входы запрета работы ШИМ и подключенными к ним через гистерезисные пороговые элементы термодатчики. На вход ШИМ модулятора поступает величина необходимой интенсивности процесса заряда или разряда, в самом блоке модуляторе есть набор логики

который, в конечном итоге, и реализует механизм коммутирования силовых ключей. Подробное графическое описание режимов заряда и разряда рекуператора представлено на рисунке 4 и рисунке 5 соответственно.

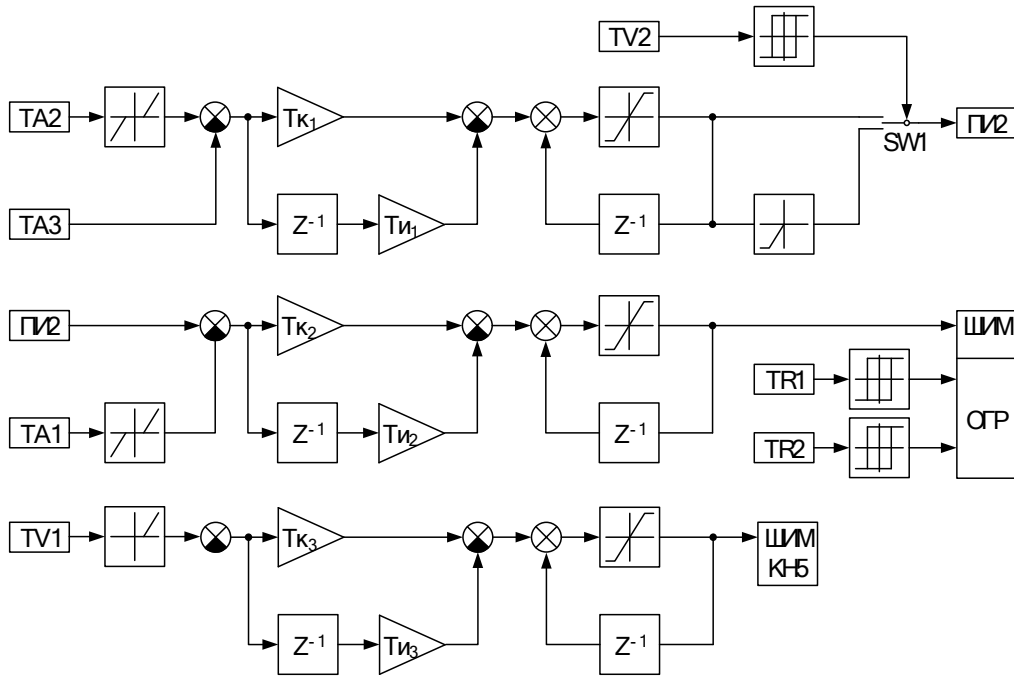
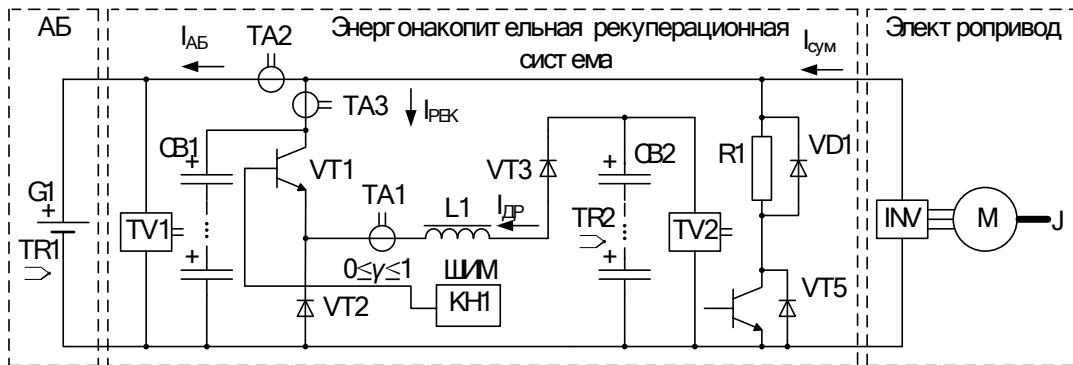


Рисунок 3 – Структура регулятора

Режим заряда 1 (заряд СК до уровня АБ)



Режим заряда 2 (заряд СК выше уровня АБ)

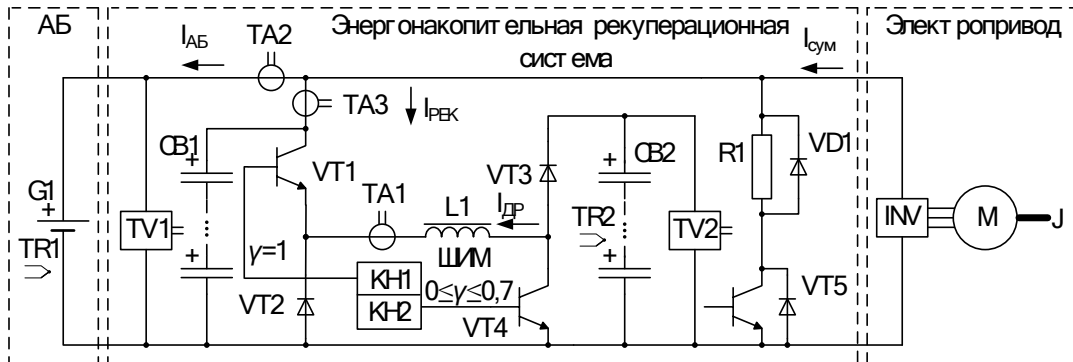


Рисунок 4 – Графическое отображение работы ключей при заряде (для легкости восприятия недействующие элементы в текущем режиме упрощены).

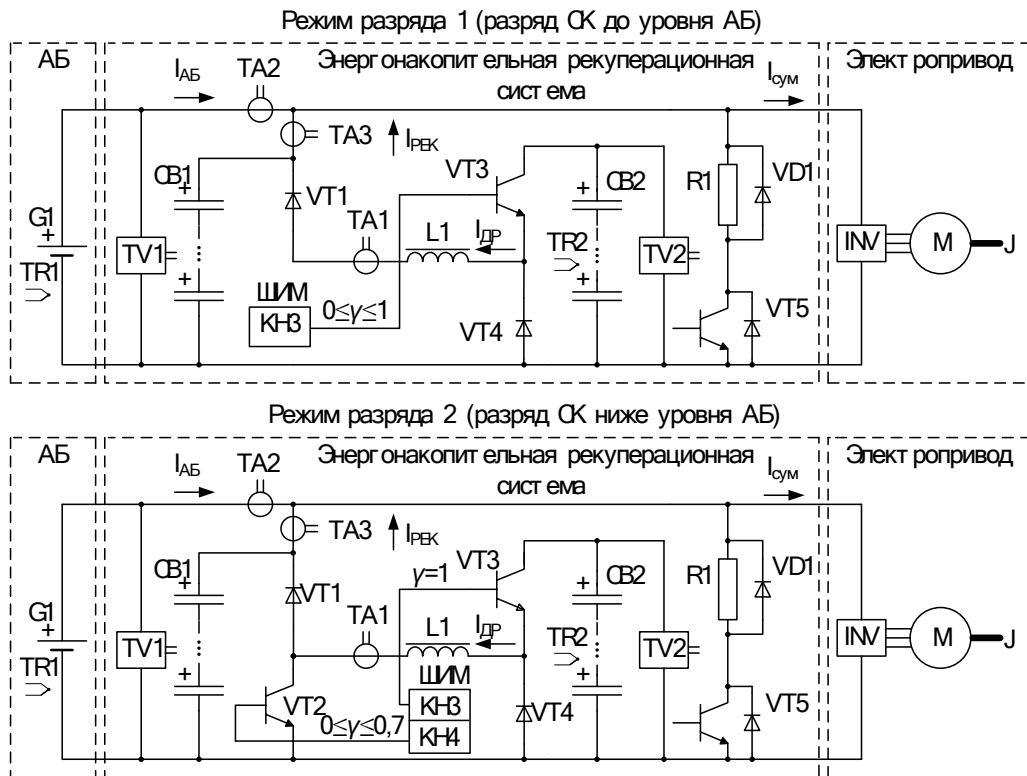


Рисунок 5 – Графическое отображение работы ключей при разряде (для легкости восприятия незадействованные элементы в текущем режиме упрощены).

Параллельно двум подчиненным контурам регулирования функционирует третий, отвечающий за независимое коммутирование разрядного ключа VT5 в случае превышения напряжения на АБ. Он, как два предыдущих контура, имеет зону нечувствительности для того, чтобы не вмешиваться в процесс регулирования при нормальном напряжении АБ.

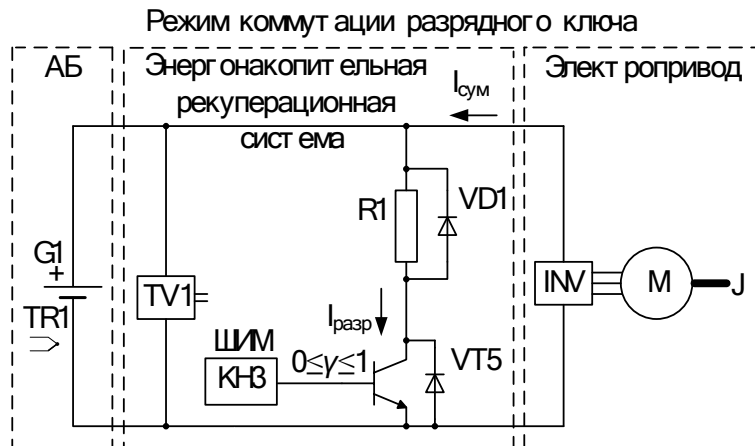


Рисунок 6 – Графическое отображение работы разрядного ключа (не участвующие элементы системы для облегчения восприятия не отображены)

Наглядно функционирование рекуперационной системы в различных режимах представлено на рисунке 7.

Как видно из рисунка, использование рекуперационной системы позволяет значительно снизить пиковое потребление тока АБ за счет наличия дополнительного энергетического балласта в виде СК, а также обеспечивает должный режим заряда.

Экспериментальные результаты. Результаты исследований нашли свое применение на легком электротранспортном средстве (ЛЭТС), рассчитанным для передвижения 6 пассажиров (в грузовом варианте 500 кг + водитель) на территориях

санаториев, парков, рекреационных зон и т.д. Режим движения включает частые остановки и разгоны по различным типам покрытия: асфальту, грунтовой дороге, беговой дорожке, с большим количеством подъемов и спусков. Максимальная скорость 30 км/ч. Дистанция пробега на одной подзарядке 100 км. Такие характеристики сформулировали определенные требования к силовому оснащению ЛЭТС:

- полный независимый привод по типу «мотор-колесо» [3], с электронным дифференциалом и различными режимами функционирования (активный, нормальный и экономичный режимы);
- достаточный запас и эффективное потребление энергии для длительного передвижения требуют присутствия емкой LiFePO4 батареи на 60 Ач [4] и энергонакопительной рекуперационной системы, особенно актуальной в применении на холмистой местности.

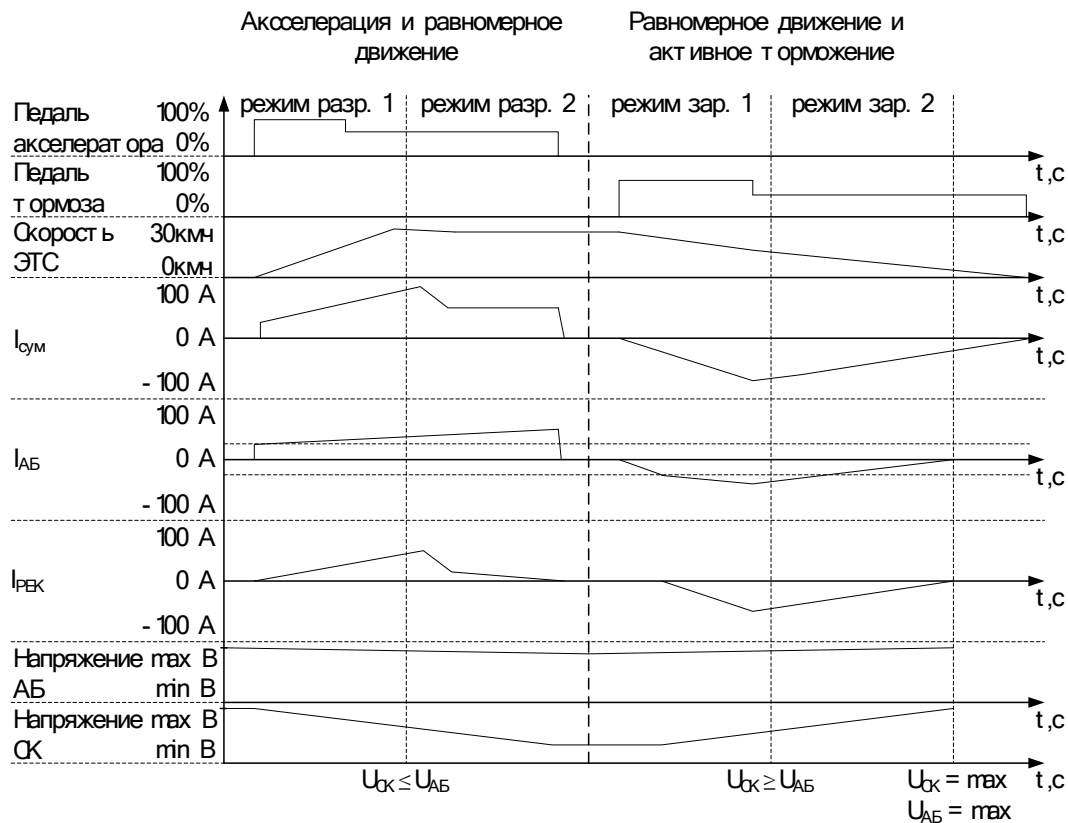


Рисунок 7 – Диаграмма предполагаемой работы ЭТС с интегрированной энергонакопительной рекуперационной системой:
 пунктирные линии вдоль оси $I_{АБ}$ обозначают уровень статической составляющей тока потребления электропривода и допустимый ток заряда АБ;
 вертикальные пунктирные линии обозначают переход системы в различные режимы работы.

Конструкцией ЛЭТС также предусмотрен вариант размещения на крыше трех панелей солнечных батарей, общей мощностью ~400 Вт, которые вместе с соответствующим контроллером заряда за 5-6 часов хорошей погоды поставляют ~2 кВтч электроэнергии, тем самым увеличивая длительность пробега на одной зарядке.



Рисунок 8 – Испытания ЛЭТС с демонтированной крышей.

Выводы. Опытная эксплуатация ЛЭТС подтвердила эффективность разработанной энергонакопительной рекуперативной системы на базе суперконденсаторов, позволяющей использовать 60-70% энергии торможения и исключить пиковые перегрузки АБ, чем достигается обеспечение максимальной длительности жизненного цикла АБ и увеличение дистанции пробега ЭТС.

ЛИТЕРАТУРА

1. <http://afstrinity.com>
2. Смотров Е.А. Рекуператор бортового источника питания электротранспортного средства. – Киев: «Техника», 2010. – Вып. 78.
3. <http://inkar.mccinet.ru>
4. Вершинин Д.В., Водичев В.А., Войтенко В.А., Смотров Е.А. Особенности выбора параметров бортового источника питания электротранспортного средства // Электромашиностроение и электрооборудование. // Техника. – 2008. – Вып. 71. – С. 5 – 11.

КОНСТРУКТИВНА ЕВРИСТИКА ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЇ ЗАДАЧІ РОЗПОДІЛУ ЗАПАСІВ

Гальчинський Л.Ю., Талімонова О.В.
Національний технічний університет «КПІ»
(Київ, Україна)

Вступ. Вивчається комплексна задача розподілу запасів, яка пов'язана з багатоперіодними товарно-матеріальними запасами, простоями і рішеннями маршрутизації автотранспорту для багатьох клієнтів, які отримують одиниці набору продукту. Розглянемо середовище, в якому попит кожного клієнта не є детермінованим і відносно малим на певному відрізку часу і клієнти знаходяться на певній відстані, так що є доцільним стратегія консолідованої доставки. Розвивається конструктивна евристика для отримання наближеного рішення для цієї NP-важкої задачі і для демонстрації її ефективності через обчислювальні експерименти. Прикладом такої системи, що потребує розгляду, є роздрібний ринок нафтопродуктів. Сучасний стан роздрібною торгівлі нафтопродуктами в Україні характеризується великим рівнем конкуренції між мережами АЗС, власниками яких є нафтові компанії. Серед багатьох факторів конкурентоздатності одним з найбільш вагомим є зниження витрат на доставку палива з нафтобаз на АЗС. З цієї причини задача мінімізації витрат на доставку палива є досить актуальною. У роботах [1]-[2] було показано, ця задача має суттєву специфіку і не може бути зведена до звичної транспортної задачі.

Суть задачі полягає у мінімізації вартості маршрутів доставки множині станцій, які забезпечуються гетерогенним парком транспортних засобів, за умови дотримання ряду обмежень. Витрати на доставку складаються з частини, пропорцій пробігу і фіксованої частини, що не залежить від пробігу. Обмеження мають визначати, що кількість кожного продукту має бути достатньою, щоб виконати всі вимоги (в тому числі страховий запас). Крім того, має бути враховано, що не всі потужності транспортного засобу можуть бути використані протягом сезону (за оцінками експертів не більше ніж на 75%). Настроюваність правил зміни видів нафтопродуктів у секціях бензовозів, зокрема після перевезення дизельного палива не допускається заливати бензин у ту ж секцію. Ще однією суттєвою особливістю, яка має бути врахована, є наявність декількох відсіків у цистернах для різних видів палива, причому кожний з цих відсіків може бути або повністю заповнений, або порожній. Нарешті, обмеження, що накладаються на тривалість будь-якої подорожі, та маршрут руху транспортних засобів дозволено тільки по дорогах, заздалегідь узгоджених з ДАІ.

З точки зору ефективного функціонування мережі АЗС необхідно виконувати наступні завдання:

- Визначення кількості кожного продукту, який буде доставлено на кожній станції, що має знаходитися між мінімальною і максимальною потребами;
- Завантаження цих продуктів у відсіки транспортного засобу;
- Вибір можливих маршрутів доставки цих станцій;
- Призначення маршрутів наявних вантажних автомобілів;
- Визначення часу відправлення кожного бензовоза.

Таким чином, ми стоїмо перед проблемою вирішення відразу двох задач: транспортної задачі, яка полягає у призначенні маршрутів і часу доставки, та задачі завантаження транспортних цистерн. Запропоований підхід базується на ідеї послідовного вирішення цих двох задач.

Задача завантаження транспортних цистерн (ЗЗТЦ) полягає в оптимальному призначенні вимог АЗС для даного транспортного засобу. Цільова функція ЗЗТЦ повинна максимізувати загальний обсяг поставленої кількості палива при обмеженнях на суму доставленого палива на кожному АЗС та обмеженні на місткість вибраного. Ще одне

обмеження має враховувати той факт, що не більше однієї вимоги може бути віднесено до будь-якого відсіку автоцистерни. У загальному вигляді алгоритмічно ЗЗТЦ є NP-складною [4].

Економіко-математична модель транспортної задачі пропонується наступною:

Нехай $V = \{1, \dots, N\}$ множина станцій для відвідування і задано симетричну матрицю дорожніх витрат. Треба мінімізувати суму витрат на доставку палива при наступних обмеженнях. Будемо вважати відомою мінімальний і максимальний попит кожного продукту на кожній станції. Потрібно відвідати всі станції, де мінімальна потреба для деяких продуктів може бути дорівнювати нулю. Для забезпечення доставок завжди існує автомобіль, в якому може поміститися мінімальний попит будь-якої АЗС. Таким чином необхідне тільки одне відвідування для кожної станції.

Нехай $S \in V$ підмножина станцій, і $K(S)$ множина транспортних засобів, що задовольняє доставку мінімальних вимог станцій S . Тоді вартість D_S , використання транспортних засобів $K \in K(S)$, для відвідання всіх станцій S може бути обчислена як задача комівояжера з черговістю. Ці обмеження диктуються специфікою транспортування та технологією заповнення ємностей АЗС з транспортних засобів, наприклад, необхідність спорожнювати передній відсік трейлера останнім. Може бути показано [4], що алгоритмічно цей різновид транспортної задачі є NP-складності.

Вирішення проблеми мінімізації витрат, таким чином, стикається з почерговим вирішенням двох складних оптимізаційних задач, кожна з яких у загальному вигляді не може бути точно вирішена. З іншого боку, потреби практики постачання палива вимагають адекватного вирішення. Тому подальші зусилля були спрямовані на пошук квазіоптимального вирішення на базі евристичних припущень. Позначимо через S_t множину станцій, якій плануються поставки на період t . Цей набір складається з усіх станцій, які будуть працювати в наявності, принаймні один продукт, якщо вони не відвідали в період T , і будь-якій станції, то повернутися назад і повторити процедуру. Евристичне припущення полягає в тому, що кожний бензовоз відвідає одну або не більше двох АЗС у рамках тієї ж поїздки. Визначення оптимального набору маршрутів може бути досягнуто шляхом рішення серії повторень цієї процедури [5].

Висновки. Таким чином проблема мінімізації транспортних витрат доставки вирішується завдяки вирішенню двох послідовно розв'язуваних оптимізаційних задач. Проте їх розв'язок досягається тільки шляхом конструктивної евристичної процедури. Розроблена програмна реалізація на тестових прикладах показала мінімізацію витрат до 20% у порівнянні з опорним планом.

ЛІТЕРАТУРА

1. G. G. Brown, C. J. Ellis, G. W. Graves, and D. Ronen. Realtime, wide area dispatch of Mobil tank trucks. *Interfaces*, 17(1):107-120, 1987.
2. N. Christofides. Vehicle routing. In E. L. Lawler, J. K. Lenstra, A. H. G. Rinnooy Kan, and D. B. Shmoys, editors, *The Traveling Salesman Problem. A Guided Tour of Combinatorial Optimization*, pages 431-448. Wiley, Chichester, 1985.
3. Ronen, D., 1995. Dispatching petroleum products. *Operations Research* 43, 379-387.
4. J. C. Smith. A genetic algorithm approach to solving a multiple inventory loading problem. *International Journal of Industrial Engineering*, 10:7-16, 2003.
5. Fabien Cornillier, Fayez F. Boctor, Gilbert Laporte, Jacques Renaud. A heuristic for the multi-period petrol station replenishment problem *European Journal of Operational Research* 191 (2008) pages 295-305

SUBJECTIVE PREFERENCES FOR OPTIMAL ECONOMY CONTINUOUS RATING OF MAK 9M453C

A.V. Goncharenko
Kherson State Maritime Institute
(Ukraine)

Introduction. Operation of any kind of energy equipment on board ship has to be rational. Specific fuel oil consumption (SFOC) is one of the most popular parameter which is widely controlled and advertised. Though it is not only SFOC is to be considered when it is researched the optimal operation mode. Operational costs also play their role, as well as subjective preferences. The subjective preferences sometimes change the operational situation quick and drastically.

It is not just fuel oil prices and their changes in time and ports of bunkering that influence the decision making. Complexity of the problem implies interconnections and interrelations between many factors.

Urgency of researches. Due to competition factors older types of marine propulsion drive engines gradually become not competitive. For example, marine propulsion drive main engine MaK M 453 C is applied as the main engine on board ship for small chemical/product carriers, small oil product carriers, and small container carriers. Accordingly to [1] the first engine of the type on marine diesel oil (MDO) was introduced into service in 1973, which means about 40 years ago; and in addition the first engine operation was transferred to heavy fuel oil (HFO) two years later in 1975, thus more than 35 years for now.

But, there are many engines of the type still in service and to be competitive with newer ones their ship-owners and operators have to choose the rational operation modes mostly in order to keep incomes of the same level accordingly to mean market prices for transportation. That may result in positive economical balance and profit if the ship-owners and operators would be able to reduce their operational costs and expenditures.

Therefore the main part of the operational costs, namely the summarized fuel oil consumption for a voyage together with other expenses, they have to be paid closer attention to. The operators and ship-owners have to find the optimal balance in the dilemma of a reliable technical state and profitable operation. SFOC for part-load operational rating and making allowance for financial results help choose optimal economy continuous rating. Then it is up to responsible managers whether to accept or reject that idea. Thus the problem of monitoring and supporting the technical state of marine ship propulsions and power plants in multi-alternative operational situations becomes a complex and actual one.

Analysis of the latest researches and publications. Subjective analysis methods developed in works [2-4] and further applied to solving partial problems [5-8] postulating an optimization principle allow modeling a subjective preferences influence upon: the number of seafarers on board and ashore; a ship's propulsion drive and power plant work indexes.

A method of the mathematical description of the change of optimal points due to a change of determining parameters was deduced in the work [8].

General concept for choosing the optimal commercial speed of a vessel is shown in [8, 9].

Unsolved part of the general problem of monitoring and supporting the technical state of marine ship propulsion and power plants in multi-alternative operational situations is that for the optimization it is necessary to pay more attention to complex competitiveness of operational modes of older equipment.

Theoretical models of the processes need mathematical researches and proofs.

The task setting. The object of this article is to consider a complex criterion which makes allowance for operational modes of main engine MaK M 453 C including economy continuous ratings and choosing the optimum on the basis of subjective preferences and operational costs.

The main content (material). Accordingly to information in [1] for the MaK 9 M 453 C we have three modes, namely they are given in the table 1.

Table 1 – Modes parameters

Parameter	Unit	Operational mode		
		Maximum Continuous Rating (MCR)	Economy Continuous Rating (ECR I)	Economy Continuous Rating (ECR II)
Rating	kW	3300	3000	2700
Speed	rpm	600	600	600
BMEP	bar	21.7	19.7	17.8
P _{max}	bar	145	145	145
SFOC	g/(kW·h)	182	178	176

The SFOC is given in g/(kW·h) based on the reference ambient conditions and is related to a fuel oil with a lower calorific value (LCV) of 42,700 kJ/kg, tolerance of 3 %.

Let us analyze working process and economical results with respect to subjective preferences.

The problem formulation. Formulating the problem in this setting we will consider parameters of the three operational modes working processes calculated in the well-known method by Grinevetsky and Mazing. It allows some simplifications but is enough for a rough evaluation.

For the fuel oil with the chemical contents of C = 86.5 %; H = 10.8 %; S = 2 %; O = 0.7 %; LCV = 9615 kcal/kg for MCR the result of calculations gives it for the output 3301 kW; SFOC = 0.193 kg/(kW·h). The error for output

$$\Delta N_e = \frac{N_e - N_e^d}{N_e^d} \cdot 100\%, \quad (1)$$

where N_e – calculated output, N_e^d – designed output.

Then $\Delta N_e = 0.05\%$.

To evaluate the error for the SFOC we will have to change it for actual LCV

$$g_e^d = \frac{Q_d}{Q} g_e^n \quad (2)$$

where g_e^d – designed SFOC for actual LCV; $Q_d = 42,700$ kJ/kg; Q – actual LCV, g_e^n – designed SFOC from the table 1.

Then $g_e^d = 0.1929$ kg/(kW·h). Error of SFOC

$$\Delta g_e = \frac{g_e - g_e^d}{g_e^d} \cdot 100\%, \quad (3)$$

where g_e – SFOC.

We will get $\Delta g_e = 0.0482\%$.

Calculations of the parameters (1-3) for the ECR I and ECR II give the next results respectively for the:

ECR I: $N_e = 3000.6$ kW; $\Delta N_e = 0.0201\%$; $g_e^d = 0.18869$ kg/(kW·h);
SFOC = 0.18873 kg/(kW·h); $\Delta g_e = 0.0207\%$.

ECR II: $N_e = 2700.3$ kW; $\Delta N_e = 0.013\%$; $g_e^d = 0.18657$ kg/(kW·h);
SFOC = 0.18659 kg/(kW·h); $\Delta g_e = 0.0122\%$.

To visualize the comparison of the three given operational modes the corresponding indicator diagrams are shown in fig. 1.

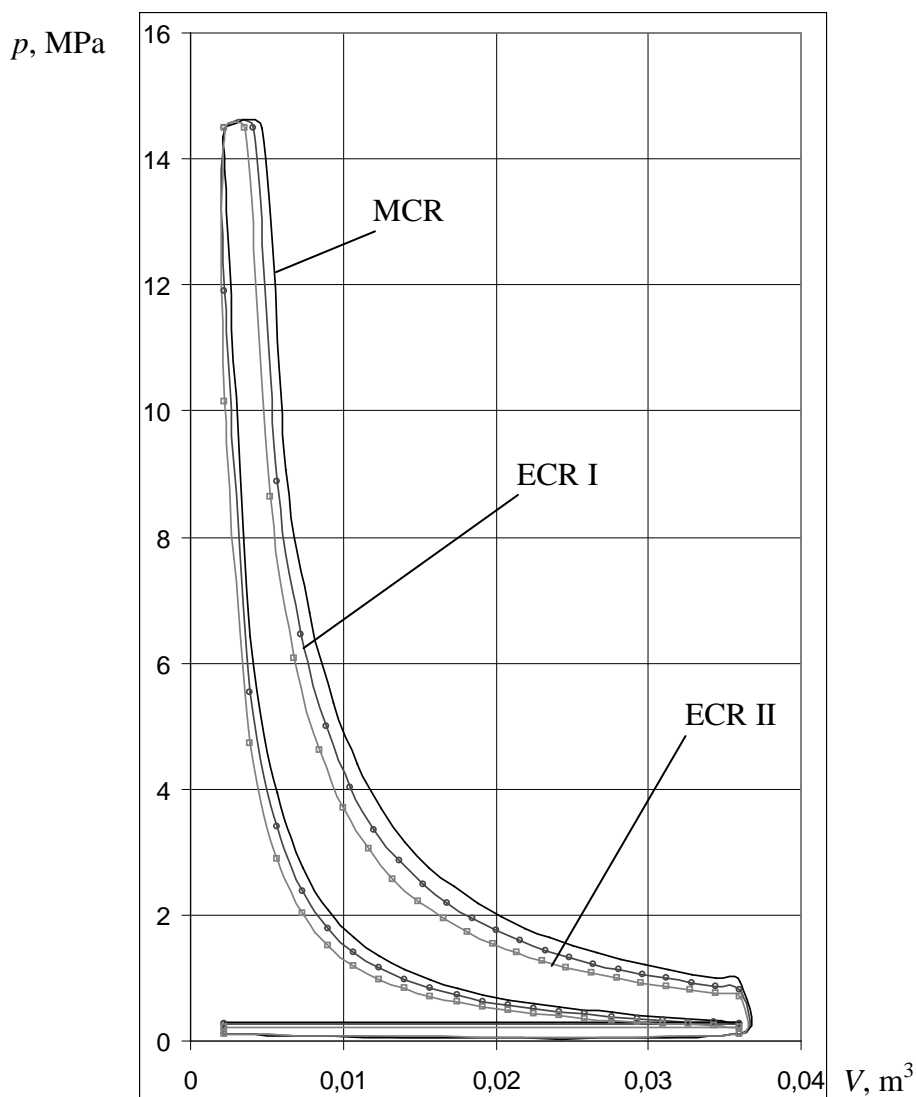


Fig. 1 – Indicator diagrams for the three operational modes

To evaluate economical aspects we will use the methods for the determination of the operational costs and time of recoupment.

The accepted cost of the MaK 9 M 453 C main engine accordingly to a price of US 170 \$/bhp will constitute up to US 0.762228 mil \$. For the propulsion system let us assume it will be US 1.512228 mil \$. Installation process will take let us say 10 % of the propulsion system. Together capital deposits US 1.663451 mil \$. Distributed for 6.67 years it will be US 0.2495181 mil \$/year.

These and other results are given in the table 2.

As it is seen from the table 2 the operational mode of ECR II is the most beneficial one. In the given data it yields up to more than US 0.14 mil \$/year of the Net Profit comparatively to MCR and more than US 0.055 mil \$/year comparatively to ECR I.

In order to find the optimum with respect to the summarized voyage expenses we may use methods proposed in [9]. There the optimal commercial speed of a vessel in a general form was described with the formula

$$v_{S_{opt}} = \sqrt[m]{\frac{\$_1}{k \cdot (m-1)}}, \quad (4)$$

where m – the power factor of the propeller law; k – the coefficient of proportionality between the expenses per a unit time and the vessel's speed raised to the m^{th} power; $\$_1$ – general expenditures which does not depend upon the vessel's speed.

Table 2 – Economical aspects of the operational modes

Parameter	Unit	Value at the operational mode		
		MCR	ECR I	ECR II
Output	kW	3300	3000	2700
Vessel Speed	knots	14	13,5	13
SFOC	kg/(kW·h)	0,1931	0,1889	0,1865
Cost of the Propulsion System	US \$ mil	1,512228		
Installation	US \$ mil	0,151223		
Capital Deposits	US \$ mil	1,663451		
Distributed Deposits	US \$ mil/year	0,249518		
Expenses for Calling at Ports	US \$ mil/year	0,203427	0,198165	0,192483
Maintenance & Oter	US \$ mil/year	1		
Crew Expenses	US \$ mil/year	0,6		
Fuel Oil Costs	US \$ mil/year	2,272548	2,032292	1,816747
Operational Costs	US \$ mil/year	4,075975	3,830457	3,609231
Distributed Operational Costs	US \$ mil/year	4,325493	4,079975	3,858748
Income	US \$ mil/year	5,257428	5,130543	4,991878
Profit	US \$ mil/year	0,931935	1,050568	1,133129
Taxes	US \$ mil/year	0,27958	0,31517	0,339939
Net Profit	US \$ mil/year	0,652354	0,735398	0,793191
Time of Recoupment	years	2,54	2,26	2,09

The use of the formula (4) is restricted by approximation methods and in more general case we can find not analytical but graphical result.

Generally speaking each of the considered operational modes has its own optimum for the criterion of SFOC which is shown in the fig. 2 [1]. The SFOC optimum with respect to power, in general case, does not coincide with the summarized voyage expenses with respect to the vessel's speed. That partial problem was solved in [8, 9] for a case when the problem setting had been formulated for the criterion of minimal operational costs with the constant incomes.

Of course there is a dependence of operational costs on sort of MDO and HFO used for the engine MaK 9 M 453 C running.

The drifting of the optimal point which is, in that manner given setting, the minimum of the voyage expenses can be for a few knots away from the corresponding optimum point for the criterion of SFOC dependently on the cost $\$_1$ (4).

Talking of subjective preferences factors we may use the formula of the complete probability where hypotheses are considered preferences to accept the corresponding operational mode.

The responsible manager has to have got reliable information about feasibility of the corresponding operational modes and chances for realization their economical aspects. Then he should be aware of distribution of his own preferences, the same to the distribution of probabilities.

Let us say any event A is just only one of the events K_i which belongs to a discrete set of possible alternative events E that is

$$\forall A = K_i \in E, i = \overline{1, n} \quad (5)$$

where n – the number of the alternatives.

In addition to condition (5) let us apply restriction that no one event can happen together with any other one. Thus events cannot occur in conjunction with each other. If one of the events

happens with necessity at any moment of time, then the set of possible alternatives E forms complete group of non-conjunctive events.

Let us presume that event A is that the operational mode MCR is being realized. Then the complete probability of A

$$P(A) = \sum_{i=1}^n \pi_i P(A|\pi_i), \quad (6)$$

where π_i – the subjective preferences of the possible alternatives; $P(A|\pi_i)$ – the conditional probability of the MCR realization on the basis of that the corresponding operational mode has been preferred.

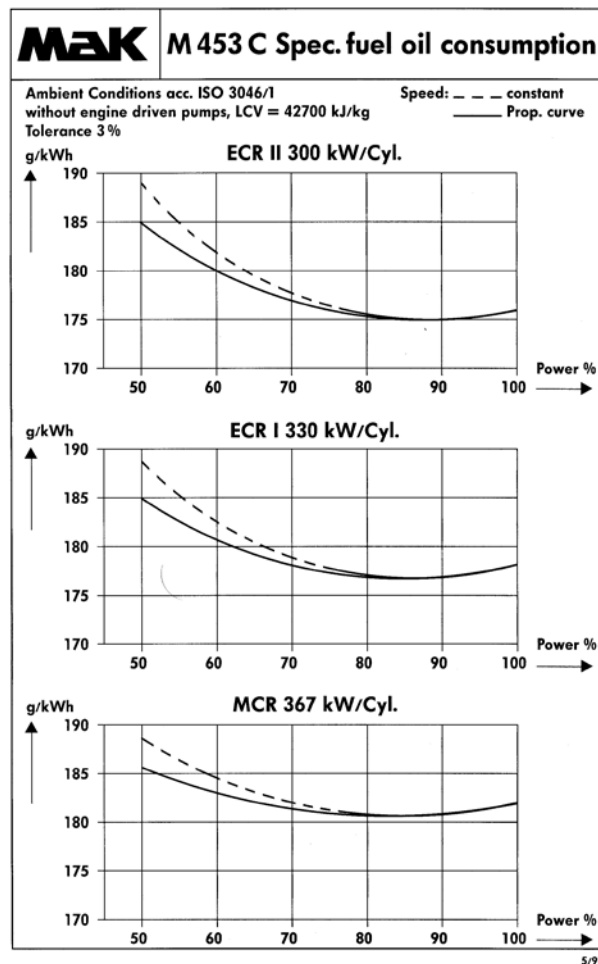


Fig. 2 – MaK 9 M 453 C SFOC diagrams for the three operational modes

Concerning to ECR I and ECR II we will have got events B and C respectively. Their probabilities are analogues to (6).

Then expectation of the annual Net Profit would be

$$Exp[NP] = \sum_{i=1}^n NP_i p_i, \quad (7)$$

where NP_i – the Net Profit from the table 2; p_i – complete probability of the corresponding mode of operation.

Conclusions. Accordingly to the given data and $\pi_A=0.2$; $\pi_B=0.3$; $\pi_C=0.5$; $P(A|\pi_A)=0.85$; $P(B|\pi_A)=0.1$; $P(C|\pi_A)=0.05$; $P(A|\pi_B)=0.1$; $P(B|\pi_B)=0.85$; $P(C|\pi_B)=0.05$; $P(A|\pi_C)=0.05$; $P(B|\pi_C)=0.1$; $P(C|\pi_C)=0.85$; expectation (7) yields the result US 0.743 \$ mil/year.

LITERATURE

1. Engine with Character M 453 C. – Kiel. Germany: Krupp MaK Maschinenbau GmbH, 1992. – 16 p.
2. Касьянов В.А. Субъективный анализ: Монография. – К.: НАУ, 2007. – 512 с.
3. Касьянов В.А., Гончаренко А.В. Субъективный анализ и безопасность активных систем // Кибернетика и вычислительная техника. – 2004. – Вып. 142. – С. 41-56.
4. Касьянов В.А. Элементы субъективного анализа: Монография. – К.: НАУ, 2003. – 224 с.
5. Kasjanov V.O., Goncharenko A.V. Models of competitors' preferences influence upon the number of seafarers on board and ashore // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. Том 1. – Херсон: Видавництво Херсонського державного морського інституту, 2010. – С. 160-164.
6. Гончаренко А.В. Моделирование влияния энтропии субъективных переваг на принятия решений стосовно ремонту судовой энергетической установки // Автоматика, автоматизация, электротехнические комплексы и системы. – 2009. – № 1 (23). – С. 123-131.
7. Гончаренко А.В. Влияние субъективных переваг на показатели работы судовой энергетической установки // Автоматика, автоматизация, электротехнические комплексы и системы. – 2008. – № 2 (22). – С. 105-111.
8. Гончаренко А.В. Типы задач рекомендованных до опрацювання при виконанні дипломної роботи за спеціальністю «Експлуатація судових енергетичних установок» усіх форм навчання: навчальний посібник для ВНЗ / А.В. Гончаренко. – Херсон: Видавництво ПП Трифонов, друкарня «Графіка», 2010. – 192 с.
9. Гончаренко А.В. Вибір оптимальної комерційної швидкості транспортного судна / А.В. Гончаренко // Науковий вісник ХДМІ: Науковий журнал. – Херсон: Видавництво ХДМІ, 2010. – № 1 (2). – С. 41-49.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ ГАЗОВОГО КОНДЕНСАТУ В БЕНЗИНОВИХ ДВИГУНАХ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

Дмитренко В.С., Гаєва Л.І., Негри В.В., Федик І.М.
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
(Україна)

Вступ. Багато країн світу, в тому числі й Україна, належать до країн, власний паливно-енергетичний ресурс яких значно менший, ніж цього вимагає їх внутрішня потреба. Тому такі країни потрапляють у пряму залежність від країни-постачальника енергоносіїв. А отже, в разі виникнення проблем з їх постачанням виникають складнощі в економіці країни, а в окремих випадках це становить серйозну загрозу національній безпеці держави. Тому досить актуальною темою на сьогодні є пошук альтернативних палив, які б повністю замінили традиційний бензин і дизельне паливо чи уможливили їх здешевлення.

Актуальність досліджень. Альтернативні види рідкого та газового палива (надалі – альтернативні види палива) – рідке та газове паливо, яке є альтернативою (заміною) відповідним традиційним видам палива і яке виробляється (видобувається) з нетрадиційних джерел та видів енергетичної сировини. Нетрадиційні джерела та види енергетичної сировини – сировина рослинного походження, відходи, тверді горючі речовини, інші природні і штучні джерела та види енергетичної сировини, у тому числі нафтові, газові, газоконденсатні і нафтогазоконденсатні вичерпані, непромислового значення та техногенні родовища, важкі сорти нафти, природні бітуми, газонасичені води, газогідрати тощо, виробництво (видобуток) і переробка яких потребує застосування новітніх технологій і які не використовуються для виробництва (видобутку) традиційних видів палива. До альтернативних видів рідкого палива належать:

– горючі рідини, одержані під час переробки твердих видів палива (вугілля, торфу, сланців);

– спирти та їх суміші, олії, інше рідке біологічне паливо, одержане з біологічної сировини (у тому числі з поновлюваних відходів сільського та лісового господарства, інших біологічних відходів);

– горючі рідини, одержані з промислових відходів, у тому числі газових викидів, стічних вод, виливів та інших відходів промислового виробництва;

– паливо, одержане з нафти і газового конденсату, нафтових, газових, та газоконденсатних родовищ непромислового значення та вичерпаних родовищ, з важких сортів нафти та природних бітумів, якщо це паливо не належить до традиційного виду.

До альтернативних видів газового палива належать:

– газ (метан) вугільних родовищ, а також газ, одержаний у процесі підземної газифікації та підземного спалювання вугільних пластів;

– газ, одержаний під час переробки твердого палива (кам'яне та буре вугілля, горючі сланці, торф), природних бітумів, важкої нафти;

– газ, що міститься у водоносних пластах нафтогазових басейнів з аномально високим пластовим тиском, в інших підземних газонасичених водах, а також у газонасичених водоймищах і болотах;

– газ, одержаний з природних газових гідратів, та підгідратний газ;

– біогаз, генераторний газ, інше газове паливо, одержане з біологічної сировини, у тому числі з біологічних відходів;

– газ, одержаний з промислових відходів (газових викидів, стічних вод промислової каналізації, вентиляційних викидів, відходів вугільних збагачувальних фабрик тощо);

– стиснений та зріджений природний газ, зріджений нафтовий газ, супутний нафтовий газ, вільний газ метан, якщо вони одержані з газових, газоконденсатних та

нафтових родовищ не промислового значення та вичерпаних родовищ, які не належать до традиційних видів палива.

Постановка задачі. Газовий конденсат являє собою продукт, який виділений із природного газу і являє собою суміш рідких вуглеводнів, які містять більше 4 атомів вуглецю в молекулі. [1, 2] У природних умовах газовий конденсат являє собою розчин у газі більш важких вуглеводнів. Вміст газового конденсату в газах різних родовищ коливається від 12 до 700 см³ на 1 м³ газу. Виділений із природного газу при зниженому тиску і температурі в результаті зворотньої конденсації газовий конденсат по зовнішньому вигляду є безколірна або слабофарбована рідина густиною 700...800 кг/м³ з температурою початку кипіння 30...70°. Склад газового конденсату приблизно відповідає бензиновій або гасовій фракції нафти або їх суміші. Газовий конденсат є цінна сировина для виробництва моторних палив, а також для хімічної переробки. Добування газового конденсату здійснюють із зворотнім закачуванням у пласт газу, який очищений від бензинової фракції. Для отримання конденсату із газу використовують масляну абсорбцію або низькотемпературну сепарацію. Для доставлення газового конденсату паливним транспортом його стабілізують ректифікацією або витримують при атмосферному тиску і підвищеній температурі для усунення легколетючих фракцій. Практикується також доставлення нестабільного газового конденсату по трубопроводу під власним тиском на газобензинові заводи для забирання легколетючих фракцій і кінцевої переробки.

У сучасних умовах газовий конденсат використовується для виробництва бензину на нафтопереробних заводах [3, 4, 5]. Але у ході експлуатації двигунів внутрішнього згоряння на стаціонарних установках і автомобілях у відриві від основної бази, цеху технологічного транспорту, та за відсутності бензину може виникнути необхідність у використанні газового конденсату, як палива для двигунів внутрішнього згоряння. Тому були проведені лабораторні, стендові та експлуатаційні дослідження даного виду палива.

Результати досліджень. Об'єктом дослідження був газовий конденсат із свердловини, двигун внутрішнього згоряння ВАЗ-21011 із робочим об'ємом циліндрів 1,445 л, ефективною потужністю $N_e = 55$ кВт, який експлуатувався в приміській зоні міста Івано-Франківська по третій категорії умов експлуатації на дорогах з гравійним, асфальтовим вибоїстим покриттям і горбистій передгірській місцевості. Був використаний двигун після капітального ремонту, який був виконаний після пробігу автомобіля 280000 км з початку експлуатації, а об'єктом стендових досліджень був газовий конденсат і тяговий стенд К467М з двигуном ЗИЛ-130.

Циліндри розточено під ремонтний розмір і здійснено шліфування корінних і шатунних шийок колінчастого вала двигуна. Також був проведений капітальний ремонт автомобіля. Перед складанням виконаний мікрометраж основних деталей кривошипно-шатунного механізму двигуна: циліндрів, поршнів, поршневих канавок і кілець, корінних і шатунних шийок колінчастого вала двигуна, а також деталей газорозподільного механізму: опорних шийок розподільного вала, стрижнів і втулок клапанів.

Перед запуском двигуна в дослідну експлуатацію було проведено технічне обслуговування через 1000 км і 3000 км із заміною оливи і фільтрів та наступним промиванням системи мащення двигуна. Подальші технічні обслуговування проводились через 10000 км із заміною оливи і фільтрів. Як мастило використовувалась олива всесезонна SAE 15W/40 API SL/CM. У ході експлуатації виконувалась оцінка експлуатаційних властивостей оливи лабораторним аналізом (методом «Оливної плями»). Оцінка технічного стану двигуна в процесі експлуатації проводилась компресометром.

Фізико-хімічні властивості газового конденсату досліджувались шляхом порівняння з властивостями стандартного бензину А-80. Після досягнення двигуном автомобіля граничного стану, що характеризувався підвищеною димністю, зниженням компресії до 0,7 МПа, підвищеною витратою палива до 10 л/100 км, автомобіль знімався з експлуатації і проводилась його технічна експертиза. Оцінювання технічного стану проводилось за високо- і низькотемпературними відкладеннями і зношуванням деталей

кривошипно-шатунного і газорозподільного механізмів двигуна. Фізико-хімічні властивості газового конденсату наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Фізико-хімічні властивості газового конденсату і бензину А-80

Показник	Газовий конденсат	Бензин А-80
Мінеральні луги і кислоти	Відсутні	Відсутні
До перегонки взято, мл	100	
Відігнано, мл	96	
Залишок з втратами, не більше, %	4	4
Температура перегонки, °С:		
- початку кипіння	35	≥ 30
- 10%	58	≤ 75
- 50%	96	≤ 100
- 90%	170	≤ 190
- кінця (кк)	216	≤ 215
Тиск насичених парів Р _н , кПа	20,1	≤ 79,9

За фракційним складом газового конденсату можна визначити температуру доквілля, за якої можливий легкий, задовільний і неможливий пуск двигуна.

Температура доквілля, при якій відбувається легкий пуск двигуна визначається:

$$t_{nn} > (t_{10\%} / 1,25) - 59, \quad (1)$$

$$t_{nn} = (58 / 1,25) - 59 = -12,6^\circ$$

те саме для задовільного пуску

$$t_{zn} \geq 0,679t_{10\%} - 61,5, \quad (2)$$

$$t_{zn} \geq 0,679 \cdot 58 - 61,5 = -22,1^\circ$$

Температура доквілля, нижче якої практично неможливий пуск холодного двигуна визначається:

$$t_{nn} \leq 0,657t_{10\%} - 61,5, \quad (3)$$

$$t_{nn} \leq 0,657 \cdot 58 - 61,5 = -23,4^\circ$$

За температурою 10% википання бензину можна визначити також температуру доквілля, за якої можливе утворення парових пробок у системі живлення двигуна і перебої в його роботі за рахунок парових пробок

$$t_{nn} \geq 2(t_{10\%} - 46,5), \quad (4)$$

$$t_{nn} \geq 2(58 - 46,5) = 23^\circ$$

Температура 50% википання конденсату пов'язана прямолінійною залежністю з температурою горючої суміші у впускному трубопроводі, і за якої закінчується прогрівання двигуна:

$$t_{u|cl} = (t_{50\%} - 50) / 2, \quad (5)$$

$$t_{u|cl} = (96 - 50) / 2 = 23^\circ$$

Залежність зміни динамічності автомобіля порівняно з умовно нормативною (%) від температури википання 50% конденсату має вигляд:

$$\Delta D = 100 - 25(t_{50\%} - 90)^{0,75}, \quad (6)$$

$$\Delta D = 100 - 25(96 - 90)^{0,75} = 4,2\%$$

За температурою 90% википання конденсату можна визначити зміну робочого спрацювання деталей двигуна порівняно з нормальним:

$$\Delta_{зм} = 100 - 0,03(t_{90\%} - 160)^2, \quad (7)$$

$$\Delta_{зм} = 100 - 0,03(170 - 160)^2 = 97\%$$

Отже, на основі наведених розрахунків можна сказати, що конденсат, як автомобільне паливо, задовольняє вимогам стандарту (ДСТУ4063-2001) за наведеними в таблиці 1 показниками. Він буде повністю випаровуватися і згоряти в двигуні, зміна динамічності двигуна є незначною, лако- і нагароутворення на деталях двигуна і їх значного спрацювання не буде відбуватися.

Звідси видно також, що газовий конденсат має меншу температуру випаровування, що призводить до утворення парових пробок у паливопроводах системи живлення у літній період експлуатації і порушення процесу сумішоутворення з повітрям і згоряння палива. При цьому в карбюраторі змінюється рівень палива у поплавцевій камері карбюратора під тиском газу у циліндрі і рівень палива збільшується. Цей недолік усувається так: у каністру з газовим конденсатом заливається вода – кип'яток ($t^{\circ}\text{C} = 100^{\circ}\text{C}$) з розрахунку на 30 л газового конденсату 5 л води. Під час змішування води з газовим конденсатом останній починає кипіти і при цьому виділяється газ. Коли газовий конденсат охолоне, то між водою і газовим конденсатом утворюється осад. Вода важча і опускається вниз. Треба акуратно відокремити газовий конденсат від води і тоді його можна застосовувати в системі живлення двигуна.

Інший спосіб підготовки газового конденсату в польових умовах полягає ось у чому: заповнюється газовий конденсат у бідон будь-якої ємності із вмонтованим у нього тенном на 90%. Зверху відводиться трубка, яка проходить крізь охолоджувач. Ця система повинна бути герметичною. Під час кипіння утворюється газ, який поступає трубкою і охолоджується, при цьому утворюється бензин, який трубкою зливається в каністру, а важкі фракції залишаються в бідоні. Бензин використовується в системі живлення двигуна під час його роботи в реальних умовах експлуатації.

Характерним при використанні газового конденсату в двигуні є необхідність установа пізнього запалення, що забезпечує бездетонаційні згоряння палива і роботу двигуна і помірні зноси деталей кривошипно-шатунного механізму.

Таким чином, оцінка забруднення деталей поршньової групи двигуна показала, що високотемпературні відкладення (нагари, лаки) на днищі і юбці поршня і в поршньових канавках мають сірий і світлокоричневий колір, що близько до технічного стану поршнів при роботі на стандартному бензині А-80.

Низькотемпературні відкладення на деталях двигуна – оливний піддон, сітка оливозабірника, пружини газорозподільного механізму і кришка головки блока циліндрів є незначні і близькі до таких при роботі на стандартному бензині А-80.

За час експлуатаційних випробувань знос циліндрів склав 0,4 мкм/1000 км пробігу, а знос колінчастого вала 0,2 мкм/1000 км, що забезпечило пробіг автомобіля 240000 км, що в 1,5 рази більше пробігу на бензині.

При проведенні досліджень на стенді тягових властивостей у лабораторії ІФНТУНГ ми визначили витрату палива при використанні суміші газового конденсату і бензину А-80 ТУ У 00149943.501-98 у різних пропорціях. Результати, отримані при дослідженнях, наводимо в таблиці 2.

Обробку отриманих результатів здійснюємо за нижченаведеними формулами і результати обрахунків заносимо в таблицю 3.

Годинна витрата палива G_T , визначається за формулою:

$$G_T = A \cdot \frac{\Delta G_T}{T_{ек}}, \quad (8)$$

де A – коефіцієнт, що рівний 3,6, якщо $T_{ек}$ виражено в секундах;

ΔG_T – маса палива, що витрачена за час $T_{ек}$, г.

Ефективна потужність двигуна N_e , визначається за формулою:

$$N_e = C_2 \cdot P_T \cdot n_T, \quad (9)$$

де C_2 – постійна величина, що дорівнює $C_2 = 0,735 \cdot 10^{-3}$;

P_T – покази ваги навантаження, кг;

n_T – число обертів електродвигуна навантаження, c^{-2} .

Таблиця 2 – Результати досліджень суміші бензину і газового конденсату на стенді тягових властивостей K467M

№п/п	Назва параметрів	Величина		
1	Вміст газового конденсату в паливній суміші, %	0	50	100
2	Об'єм палива, що витрачений за час $T_{ек}$, мл	1000	1000	1000
3	Маса палива, що витрачена, г	745	745	745
Без навантаження				
4	Час, за який витрачено паливо, сек	532	487	417
5	Вміст CO в відхідних газах, %	1,5	1,4	1,2
6	Вміст СН в відхідних газах, $\times 100 \text{ млн}^{-1}$	14	15	18
Під навантаженням				
7	Покази ваги навантаження, кг	5	5	3
8	Час, за який витрачено паливо, сек	301	267	252
9	Вміст CO в відхідних газах, %	1,7	1,8	1,6
10	Вміст СН в відхідних газах, $\times 100 \text{ млн}^{-1}$	15	15	16

Величину питомої витрати палива, g_e (кВт·год.), визначаємо за формулою:

$$g_e = \frac{10^3 \cdot G_T}{N_e}, \quad (10)$$

Таблиця 3 – Результати обрахунків стендових випробовувань

№п/п	Назва параметрів	Величина		
1	Вміст газового конденсату в паливній суміші, %	0	50	100
Без навантаження				
2	Годинна витрата палива G_T , кг/год.	5,04	5,51	6,43
Під навантаженням				
3	Годинна витрата палива G_T , кг/год.	8,91	10,04	10,64
4	Ефективна потужність двигуна N_e , кВт	7,35	7,35	4,41
5	Питома витрата палива, g_e (кВт·год.)	1212,24	1365,99	2412,70

У результаті проведення досліджень на стенді К467М з двигуном ЗИЛ-130 при його роботі на холостому ході і за допомогою газоаналізаторів 121 ФА-01(CO) і 123 ФА-01 (CH) було отримано значення витрати палива і вмісту CO і CH у відхідних газах у залежності від вмісту в паливі газового конденсату, залежність яких показано на рисунках 1-3.

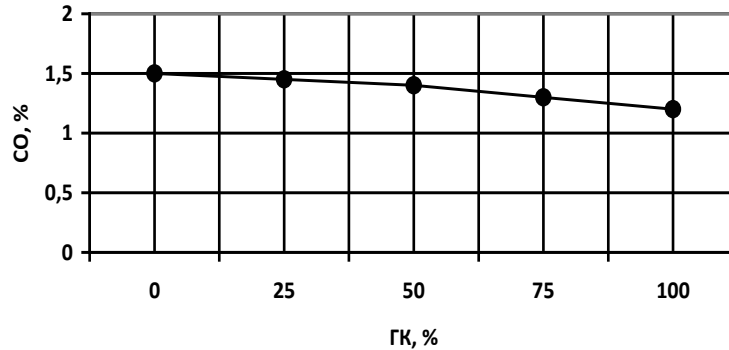


Рисунок 1 – Графік зміни показників CO у відпрацьованих газах двигуна залежно від вмісту в паливі ГК

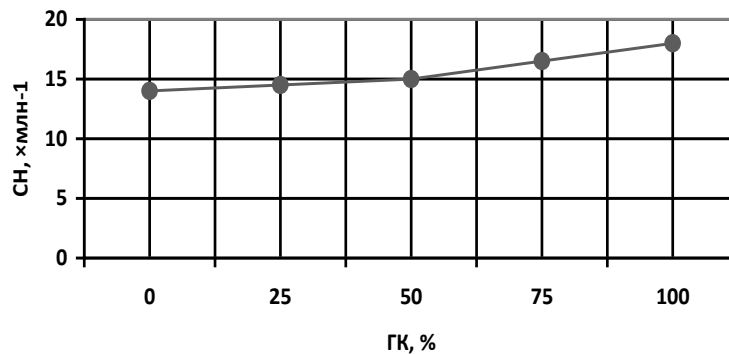


Рисунок 2 – Графік зміни показників CH у відпрацьованих газах двигуна залежно від вмісту в паливі ГК

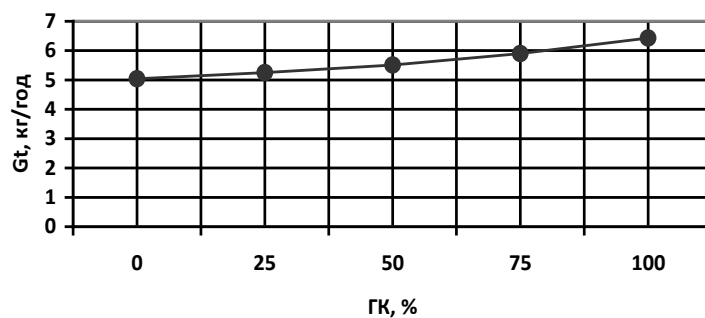


Рисунок 3 – Графік зміни годинної витрати палива G_T , на двигуні ЗИЛ-130 залежно від вмісту в паливі ГК

Висновок. На основі наведених вище розрахунків можна зробити висновок про те, що газовий конденсат, як автомобільне паливо, відповідає вимогам, які наведено в таблиці 1. При експлуатації він буде повністю випаровуватися і згоряти в двигуні, динамічність двигуна майже не змінюється, лако- і нагароутворення на деталях двигуна не буде. Також газовий конденсат має меншу температуру випаровування, що призводить до утворення парових пробок у паливопроводах при високих температурах навколишнього середовища, але цей недолік можна усунути.

Отже, як видно із графіків, при збільшенні процентного вмісту газового конденсату у паливі вміст оксидів вуглецю (CO) у відпрацьованих газах зменшується, але незначно зростає в них кількість вуглеводнів (CH). Однак таке їх незначне зростання знаходиться в межах норми [6]. Також можна спостерігати незначне збільшення витрати палива з збільшенням вмісту газового конденсату, але враховуючи його низьку ціну, це збільшення є несуттєвим.

ЛІТЕРАТУРА

1. Великовський А.С. Газоконденсатные месторождения / А.С.Великовский, В.В.Юшкин. – М., 1959.
2. Руководство по добыче, транспорту и переработке природного газа. – М., 1965.
3. Гаєва Л.І. Використання експлуатаційних матеріалів і економія паливно-енергетичних ресурсів [Текст] / Л.І. Гаєва, М.В. Гордійчук. – Івано-Франківськ: Факел, 2001. – 274 с. – ISBN 966-7327-56-6.
4. Лудченко О.А. Технічна експлуатація і обслуговування. Технологія: Підручник / О.А. Дудченко. – К.: Вища шк., 2007. – 527 с. – ISBN 978-966-642-351-4.
5. Горючие, смазочные материалы [Текст]: энциклопедический толковый словарь-справочник [ред. – упоряд. М. Школьников]. – М.: Техинформ, 2007. – 545 с.
6. ДСТУ 4277-2004. Норми і методи вимірювань вмісту оксиду вуглецю та вуглеводнів у відпрацьованих газах автомобілів з двигунами, що працюють на бензині або газовому паливі. – К., 2004. – 8 с.

УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯМ АЕРОДРОМНОГО СВІТЛОСИГНАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ АЕРОПОРТУ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

Казак В.М., Мазур Т.А., Новачук Л.В.
Національний авіаційний університет
(Київ, Україна)

Сучасні аеропорти є об'єктами з підвищеними вимогами безпеки і надійності, тому системи розподілу електроенергії, які забезпечують їх безперервне функціонування, є одними із найскладніших автоматизованих систем. Одна з найважливіших систем у загальній структурі електроживлення аеропорту – система світлосигнального забезпечення польотів. Основними функціями даної системи є забезпечення безпеки маневрування повітряних суден, а саме – кінцевого етапу заходу на посадку, посадки і зльоту повітряних суден вночі і вдень, при встановлених для даного аеродрому мінімумах посадки і зльоту.

Таким чином, системи світлосигнального забезпечення польотів на аеродромах цивільної авіації разом з наземними радіотехнічними системами забезпечення заходу на посадку в складних метеорологічних умовах чинять безпосередній вплив на рівні безпеки і регулярності польотів у зоні аеродрому.

Небезпечні наслідки, до яких може призвести відмова світлосигнального обладнання (ССО), визначають жорсткі вимоги до надійності електроживлення аеродромних вогнів. Аеродромне ССО є системою аеродромних вогнів різного кольору і призначення, що об'єднані в незалежні послідовні ланцюги, які називаються кабельними кільцями (КК). Висока надійність електроживлення ССО досягається тим, що кожна функціональна підсистема вогнів отримує живлення по двох або більше КК. У такому разі гарантується збереження часткової працездатності функціональної підсистеми вогнів при відмові регулятора яскравості або повної відмови КК.

При відмові основного джерела живлення передбачено електропостачання КК від резервного джерела. Залежно від допустимого часу перемикання можуть використовуватися: резервні дизельні або бензинові двигуни-генератори з можливістю швидкого запуску і з швидкодіючим автоматичним перемиканням або незалежне джерело з автоматичним перемиканням; швидкодіючі автоматичні пристрої перемикання; статистичний перетворювач або генератор, що одержує живлення від акумуляторної батареї.

При цьому, сучасні вимоги до системи електропостачання аеродромів зобов'язали при проектуванні електричних систем враховувати чинники, які можуть призвести до порушення нормальної роботи. Проте, проведений аналіз показав, що при обліку вищеназваних чинників не приділяється уваги умовам невизначеності. Для аналізу даної проблеми було розглянуто як приклад аеродромний світлосигнальний комплекс аеропорту типу ДП МА «Бориспіль» як один з найбільш енергоємних елементів аеропорту. Об'єкти світлосигнального забезпечення польотів аеропорту є споживачами електроенергії 1 категорії особливої групи. У якості незалежного джерела електроживлення у вогникових підстанціях злітно-посадкових смуг (ЗПС) використовуються дизельні генераторні агрегати (ДГА), що складаються з дизельного двигуна та генератора. Технічні характеристики ДГА, кількість трансформаторних підстанцій (ТП) на кожній ЗПС, які використовуються в аеропорту, представлені в табл. 1 та табл. 2.

Елементи керування, моніторингу технічного стану, система стану, система керування автоматичною підкачкою пального, система керування попереднім підігріванням охолоджувальної рідини та вимикачі автоматичного вводу генератора (АВГ) змонтовано в шафі керування ДГА.

Таблиця 1 – ДГА на ЗПС-2, де розміщені ТП 1023 – 2 шт., ТП-1024 – 1 шт.

1	Тип дизель-генератора	АСДА 200 – Т/400 – 3Р
2	Заводський номер	№ 7508 К 39113
3	Рік випуску	1975
4	Рік введення в експлуатацію	1975
5	Номінальна потужність, кВт	200
6	Вид струму	трифазний змінний
7	Частота обертання вала, об./хв.	1500
8	Напруга, В	400
9	Тривалість безперервної роботи при авт. керуванні	240

Таблиця 2 – ДГА на ЗПС-1, де розміщені ТП 1052 – 1 шт., ТП-1053 – 1 шт.

1....	Тип дизель-генератора	5С – 4096
2	Заводський номер	4158 / Е – 2
3	Рік випуску	1998
4	Рік введення в експлуатацію	1999
5	Номінальна потужність, кВт	307

Схеми підключення ДГА до трансформаторних підстанцій на ЗПС представлені на рис. 1.

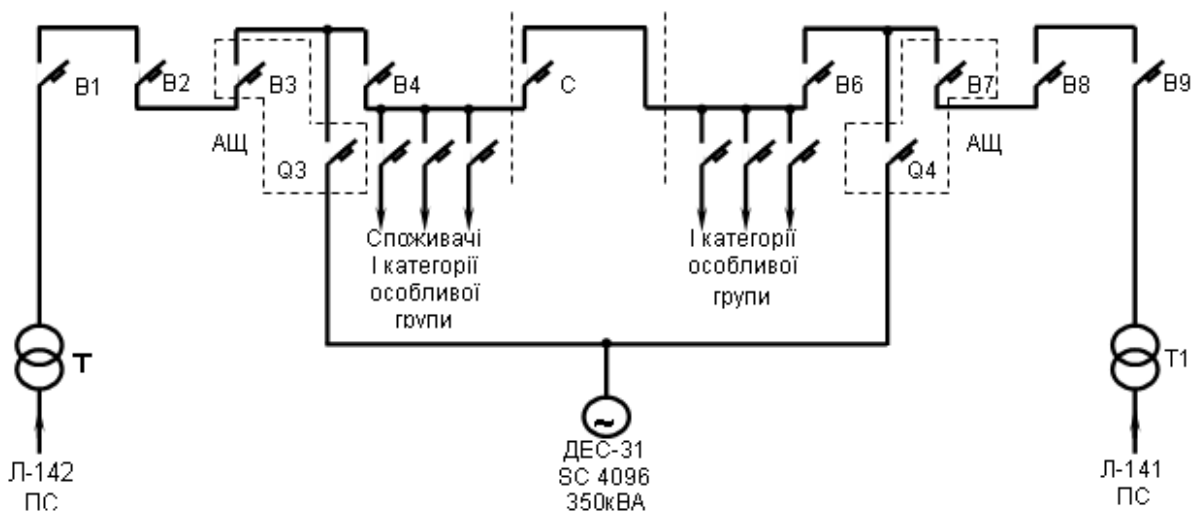


Рисунок 1 – Схема підключення резервної ДЕС-31 до ТП 1052

При аналізі встановлених ДГА, по-перше, дуже давно введені в експлуатацію, по-друге, деякі з них виведені із строю. Тому було розглянуто оптимізацію управління електрозабезпечення аеропорту за допомогою комплексу установки вітрогенераторів і сонячних батарей, як додаткового джерела живлення. З аналізу даних електроживлення та погодних умов розраховано кількість вітроустановок та сонячних батарей для електрозабезпечення аеропорту, їх потужність та кошти на закупку та встановлення.

Отже, головною задачею роботи є оптимізація часу перемикання від основного джерела живлення до резервного для забезпечення безперебійного джерела живлення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ребрин Ю.И. Управление качеством: Учебное пособие. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2004. – 174 с.
2. Попов П.М. Принципы построения систем автоматического управления применительно к управлению летательными аппаратами. – Ульяновск, 2000. – 52 с.
3. Запорожець В., Шматко М. Аеропорт. Організація, технологія, безпека. – К.: Дніпро, 2002. – 168 с.

РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОПРОВІДНИХ ПОКРИТТІВ НА ОСНОВІ ЕПОКСИДНОЇ МАТРИЦІ ТА ПОЛІДИСПЕРСНИХ ВУГЛЕЦЕВИХ НАПОВНЮВАЧІВ

Кальба Є.М., Голотенко С.М., Гарматюк Р.Т.

Тернопільський національний педагогічний університет ім. Володимира Гнатюка
(Україна),

Голотенко О.С.

Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя (Україна),
Букетов А.В.

ВНЗ «Херсонський державний морський інститут» (Україна)

Проблема підвищення експлуатаційної надійності і довговічності роботи деталей машин і обладнання, що працюють в умовах одночасної дії корозії і гідроабразивного зношування, набувають все більшого значення для економії металів, енергоресурсів, ефективного використання сировини та техніки.

Серед розроблених методів захисту деталей технологічного обладнання від зношення і корозії позитивного ефекту можна досягнути за рахунок нанесення гальванічних покриттів на основі хрому. Однак їх формування на поверхні магнієвих сплавів внаслідок хімічної взаємодії компонентів погіршує фізико-механічні властивості системи «метал – покриття». У зв'язку з цим очевидно є потреба створення комплексного захисного покриття, у якому б проміжною ланкою був шар, що володіє високою адгезією до основи і має відповідні електрофізичні характеристики.

Актуальність вирішення цієї проблеми полягає у використанні електропровідних композиційних матеріалів і покриттів на основі епоксидних смол, наповнених діа-, пара- і феромагнітними нано- та дрібнодисперсними компонентами, які мають високу адгезію до металевої основи, технологічність при формуванні покриттів на деталі складної конфігурації, розвинуту сировинну базу.

На основі аналізу існуючих електропровідних матеріалів авторами обґрунтовано ефективність комплексного використання епоксидних полімерів, пластинчастого графіту, технічного графіту, технічного вуглецю та феромагнітного нанодисперсного наповнювача («крокусу» – оксид заліза, що використовується в оптичній промисловості) для електропровідних покриттів. Показано, що за рахунок введення електропровідних вуглецевих компонентів можливе ціленаправлене регулювання електропровідних, фізико-механічних, реологічних і теплофізичних властивостей. Вперше встановлено, що введення нанодисперсного феромагнітного наповнювача – «крокусу» з подальшим впливом високочастотного електромагнітного поля дозволяє підвищити седиментаційну стійкість системи і отримати матеріал з достатньо рівномірним розподілом наповнювача.

При дослідженні значна увага приділена вивченню впливу енергетичних полів на питомий опір епоксикомпозитів. У результаті було встановлено, що особливо ефективною є комплексна (ультразвукова ($f=22$ кГц, $A=15-20$ мкм) і високочастотна електромагнітна ($H=100$ А/м, $\nu=50$ МГц)) обробка протягом 3-4 хв., яка із застосуванням ступінчастого режиму полімеризації забезпечує покращення міжфазної взаємодії компонентів та сприяє утворенню рівномірно розподіленої просторової сітки наповнювача, знижуючи питомий опір композитів до $9,4-6,8 \times 10^{-5}$ Ом·м, питому теплоємність на 17-19%, а також підвищуючи руйнівне напруження при розтягу до 79-81 МПа.

На основі проведених досліджень розроблено електропровідні матеріали і покриття на їх основі, які здатні використовуватись у якості проміжного електропровідного покриття при відновленні деталей нанесенням електролітичного композиційного зносостійкого покриття. Застосування електропровідних матеріалів дозволяє збільшити період експлуатації деталей і обладнання в 1,5-2,0 рази, підвищити к.к.д. на 2,5-3,5%.

ОСОБЛИВОСТІ ВИНИКНЕННЯ ЕФЕКТУ ВИБІРКОВОГО ПЕРЕНЕСЕННЯ В ЕПОКСИКОМПОЗИТАХ

Кашицький В.П., Савчук П.П., Будкіна О.Л., Редько Р.Г
Луцький національний технічний університет (Україна),
Букетов А.В.

ВНЗ «Херсонський державний морський інститут» (Україна)

Актуальність досліджень. На сьогодні питання тертя та зношування технічних систем є досить актуальними. Насамперед це стосується проблем підвищення довговічності пар тертя, а також відображає необхідність створення нових триботехнічних матеріалів.

Постановка проблеми. У результаті зношування виходять з ладу деталі машин і механізмів, що призводить до несправностей технічних систем. Одним зі способів підвищення ресурсу їх роботи є аналіз умов, при яких відбувається реалізація ефекту вибіркового перенесення у вузлах тертя, що стабілізує процес трибовзаємодії.

Основною метою досліджень є підвищення довговічності вузлів тертя за рахунок виникнення ефекту вибіркового перенесення при оптимізації складу епоксикомпозитів.

Матеріали і методи досліджень. У роботі сформовано епоксикомпозити на основі смоли ЕД-20, твердника ПЕПА, модифікатора КО-921 та комплексу наповнювачів (лускатий графіт, високодисперсний фторопласт, подрібнене вуглецеве волокно, порошки на основі міді). Сформовану композицію наносили на підготовлену поверхню або заливали у спеціальні форми. Тверднення епоксикомпозитів при нормальних умовах тривало 24 год. Додаткову термічну обробку здійснювали у печі при температурі 140...180 °С.

Границю адгезійної міцності та міцності при стисканні визначали за ГОСТ 14759-69. Внутрішні напруження визначали консольним методом за ГОСТ 13036-67. Степінь отвердіння визначали за вмістом гель-золь-фракції в екстракторі Сокслета. Зносостійкість визначали на лабораторній установці за схемою «вал-сегмент втулки». Дослідження макро- та мікроструктури епоксикомпозитів проводили на оптичному мікроскопі МБС-9 при збільшенні ($\times 30 \dots 100$) та металографічному МИМ-10 при збільшенні ($\times 150 \dots 250$) методом пластмасографічного аналізу.

Результати досліджень. Оптимізовано склади епоксикомпозитних систем у випадку мультинаповнення. Так, експериментально встановлено, що найвища міцність при стисканні ($\sigma_{ст} = 135,03$ МПа) характерна для епоксикомпозитів з вмістом порошку оксиду міді 150 мас. ч. Зниження показника при більшому вмісті наповнювача відбувається через низьке змочування частинок епоксиолімером, що призводить до виникнення концентраторів напружень і підвищення здатності системи до руйнування.

Показано, що степінь структурування для епоксикомпозитів, наповнених порошками CuO і Cu_2O , підвищується при збільшенні вмісту наповнювача до 100 мас. ч. і 150 мас. ч. відповідно, а далі – знижується. Це пов'язано із погіршенням змочуваності частинок наповнювачів епоксиолімером, що призводить до зниження взаємодії компонентів системи між собою.

Найвищі значення внутрішніх напружень ($\sigma_{вн} = 0,88$ МПа і $\sigma_{вн} = 1,16$ МПа) зафіксовано для епоксикомпозитів, наповнених порошками CuO і Cu_2O , відповідно в кількості 50 мас. ч. У даному випадку високі внутрішні напруження пов'язані із локальним зшиванням макромолекул матриці, при цьому процес відбувається хаотично та нерівномірно, відповідно частина системи знаходиться у напруженому стані. Подальше підвищення вмісту наповнювачів супроводжується зменшенням внутрішніх напружень, що обумовлено зміною рухливості конгломератів макромолекул матриці.

У результаті триботехнічних досліджень експериментально встановлено, що при найбільш жорстких режимах навантаження тертям найменше зношування ($I_g = 16,33$ МПа при $P = 1,5$ МПа та $V = 3,6$ м/с) характерне для мультинаповненої композиції, що містить

як дисперсні, так і волокнисті складові. Це пояснюється здатністю системи адаптуватись до значного температурного та механічного впливу за рахунок оптимального використання ресурсних можливостей різнофункціональних наповнювачів: присутність волокнистого наповнювача забезпечує необхідну когезійну міцність композиту, антифрикційних складових – сприяє зниженню коефіцієнту тертя, а наявність оксиду міді досягненню ефекту самоорганізації при навантаженні тертям. При даних умовах відбувається перенесення відновленої міді з епоксикомпозиту на поверхню контртіла з утворенням фрагментів «сервовитної плівки», що має керований характер.

Висновки. Методом математичного планування експерименту оптимізовано склад, досліджено фізико-механічні та триботехнічні властивості епоксикомпозитних систем у випадку їх мультинаповнення. Досягнення ефекту вибіркового перенесення при навантаженні тертям дозволяє отримувати композиційні системи з комплексом керованих властивостей. Показано нові можливості використання мультинаповнених зносостійких епоксикомпозитів у вузлах триботехнічного призначення.

АВТОМАТИЗОВАНЕ ФОРМУВАННЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ВІДПРАЦЮВАННЯ МАРШРУТІВ ОБСЛУГОВУВАННЯ РОБОЧИХ ПОЗИЦІЙ МЕХАНООБРОБНИХ ГВК

Кирилович В.А., Підтиченко О.В.
Житомирський державний технологічний університет
(Україна)

Вступ. Актуальність досліджень. Одним із напрямків автоматизації машино- та приладобудівного виробництва, що базується на використанні роботизованих технологій, є впровадження гнучких виробничих систем (ГВС). Розробка засобів автоматизованого проектування (АП) ГВС та їх складових дозволяє суттєво зменшити трудомісткість проектування і в той самий час підвищити якість рішень, що приймаються. При проектуванні нових гнучких механообробних виробництв та роботизації існуючих виробництв однією з важливих задач є організація транспортного обслуговування технологічного обладнання (ТО) або робочих позицій (РП), під якою розуміються задачі завантаження ТО об'єктом виробництва (ОВ), розвантаження ОВ з одиниць ТО, що закінчили обробку, та міжагрегатне транспортування ОВ на наступні позиції обробки. В рамках гнучких виробничих комірок (ГВК) задача транспортного обслуговування ТО виконується промисловими роботами (ПР). При проектуванні ГВК, в яких обслуговування ТО, включаючи міжагрегатне транспортування ОВ, виконується одним ПР, необхідно вирішувати задачу складання так званого технологічного маршруту обслуговування РП [1-3]. Крім того, необхідним є визначення складу дій (переходів) ПР при обслуговуванні РП, тобто загального алгоритму сумісного функціонування ТО ГВК [1]. Тому актуальною є автоматизація вирішення даних задач.

Сучасний стан проблеми. З огляду на недостатню проробленість та неоднозначність викладення питання проблеми організації транспортного обслуговування ТО промисловими роботами в наявних інформаційних джерелах, складності та багатоваріантності формування маршруту обслуговування ТО промисловими роботами, в попередніх роботах [2, 3] авторами було визначено поняття та запропоновано формалізовані описи стратегії обслуговування та технологічного маршруту обслуговування РП (ТМОРП), який будується для реалізації заданого технологічного маршруту обробки деталі (ТМОД) у ГВК на основі певної стратегії, що приймається. Розглянуто стратегії обслуговування РП одноруким одно- та двоххватним ПР, дворуким ПР, а також одноруким ПР при використанні позицій проміжкового зберігання (ППЗ). Автоматизоване формування складу дій ПР запропоновано виконувати в процесі імітаційного моделювання (ІМ) роботи ГВК з моменту початку роботи до її завершення. При цьому можуть бути визначені показники продуктивності ГВК, яка проектується, що є важливим для вибору оптимальних рішень на окремих етапах АП ГВК, в тому числі для задачі розміщення ТО та пошуку оптимальної стратегії його обслуговування.

Метою роботи є представлення методики та програмної реалізації автоматизованого формування маршрутів обслуговування РП промисловими роботами та автоматизованої побудови послідовності дій (переходів) ПР при обслуговуванні РП механообробних ГВК на основі ІМ роботи останніх.

Основна частина. Автоматизоване формування ТМОРП виконується на основі аналізу необхідного ТМОД та реалізації транспортування ОВ за ТМОД згідно із стратегією обслуговування РП, що приймається. Допустима стратегія, в свою чергу, визначається типом (технологічними можливостями) ПР, тобто наявністю чи відсутністю декількох рук або захватних пристроїв, а також наявністю чи відсутністю ППЗ [2, 3]. Методика формування ТМОРП на основі ТМОД та стратегія обслуговування базується на наступних прийнятих положеннях. ТМОД формально визначається як упорядкована послідовність технологічних операцій (груп операцій), що виконуються над ОВ з одного

встановлення, із вказуванням номера РП, на якій виконується певна операція (група операцій). ТМОРП є упорядкованою послідовністю РП (та відповідних переміщень до них), які обслуговуються ПР з метою однократного переміщення всіх задіяних у даний момент часу в обробці на РП деталей у відповідності до їх ТМОД на наступну РП. Стратегія обслуговування являє собою принцип, за яким за допомогою ПР реалізується переміщення всіх задіяних у певний момент часу в ГВК ОВ (деталей) за РП ГВК згідно з ТМОД [2, 3]. В [2] та інших роботах авторами розглянуто поняття форми обслуговування та розроблено більше двох десятків можливих стратегій обслуговування РП при наявності одномісних та двомісних ППЗ. Також вирішено проблему реалізації виконання перевстановлень, якщо вони передбачені за ТМОД. Для виконання імітаційного моделювання з метою формування складу дій ПР при роботі ГВК та визначення циклової продуктивності необхідно формувати ТМОРП з моменту початку роботи ГВК (тобто з моменту надходження першого ОВ в обробку). Послідовність РП, які обслуговуються ПР та періодично повторюються в циклі роботи ПР (коли всі одиниці ТО завантажені та виконують обробку), названа послідовністю встановленого режиму (ПВР). Послідовність дій ПР від початку роботи ГВК до виходу на ПВР названа “послідовність виходу на встановлений режим” (ПВВР). Автоматична побудова ТМОРП виконується з початку роботи ГВК до виходу на встановлений режим у циклі. Також можливим є автоматичне формування ТМОРП до закінчення роботи ГВК, що при моделюванні дозволяє визначити загальний час обробки партій деталей та середню циклову продуктивність. Для цього в масив ТМОРП додається послідовність завершення роботи (ПЗР) – склад дій ПР з моменту закінчення заготовок на вході ГВК до отримання на виході останньої готової деталі [2]. Разом ПВВР та ПВР формуються як упорядкована сукупність окремих ПВР, побудованих для кількості РП, що змінюється від двох до їх дійсного числа. Аналогічно будується ПЗР – шляхом послідовного виключення з розгляду тих РП, які остаточно звільнилися від обробки деталей. На основі методики та алгоритмів автоматизованої побудови ТМОРП розроблено програмний продукт (ПП), що дозволяє формувати ТМОРП для ГВК та моделювати його відпрацювання за допомогою ІМ. Необхідно задати склад (кількість) РП, ТМОД, обрати ПР та стратегію обслуговування, кількість заготовок на вході (для моделювання всієї партії ОВ) та сформувати ТМОРП. Після чого можливе задання тривалостей обробки, рухів ПР та інших допоміжних дій. Нарешті, в результаті ІМ отримуються ряд показників циклової продуктивності та формується таблиця переходів, що відтворює склад дій ПР при роботі ГВК.

Висновки. Методика та алгоритми автоматизованої побудови ТМОРП реалізовані в програмному продукті, що дозволяє формувати ТМОРП для ГВК, які обслуговуються одно- чи двоххватними однорукими ПР, дворукими ПР, однорукими ПР з використанням ППЗ, а також виконувати моделювання роботи ГВК, формувати склад дій ПР при їх роботі та визначати параметри продуктивності ГВК, що проектуються, з метою відбору задовільних чи найкращих варіантів на певних етапах їх АП.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бурдаков С.Ф. и др. Проектирование манипуляторов ПР и роботизированных комплексов / С.Ф. Бурдаков, В.А. Дьяченко, А.Н. Тимофеев. – М.: Высш. шк., 1986. – 264 с.
2. Кирилович В.А., Підтиченко О.В., Сачук І.В. Підвищення ефективності обслуговування промисловими роботами робочих позицій механоскладальних ГВС при використанні позицій проміжкового зберігання // Вісник ЖДТУ. – 2006. – № 1 (36) / Технічні науки. – С. 102-111.
3. Кирилович В.А., Підтиченко О.В., Сачук І.В. Стратегії обслуговування промисловими роботами робочих позицій механоскладальних ГВС // Вісник ЖДТУ. – 2005. – № 3 (34) / Технічні науки. – С. 66-75.

ВИБІР ПАРАМЕТРІВ КІНЕМАТИЧНОГО МЕХАНІЗМУ РОТОРНО-ПОРШНЕВОГО ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

Клименко В.В., Скрипніков О.І., Волинський О.А.
ВНЗ «Херсонський державний морський інститут»
(Україна)

Введення. Актуальність проблеми. Запровадження у виробництво роторно-поршневого двигуна (РПД), що має найбільшу питому потужність (N , кВт / G, кг) з усіх відомих зараз типів двигунів внутрішнього згоряння, є найактуальнішою задачею сучасного двигунобудування.

У статті наводиться приклад вибору параметрів однієї з можливих схем картерного механізму, що може бути використаний при проектуванні РПД внутрішнього згоряння. Загальний вигляд РПД зображено на рис. 1.

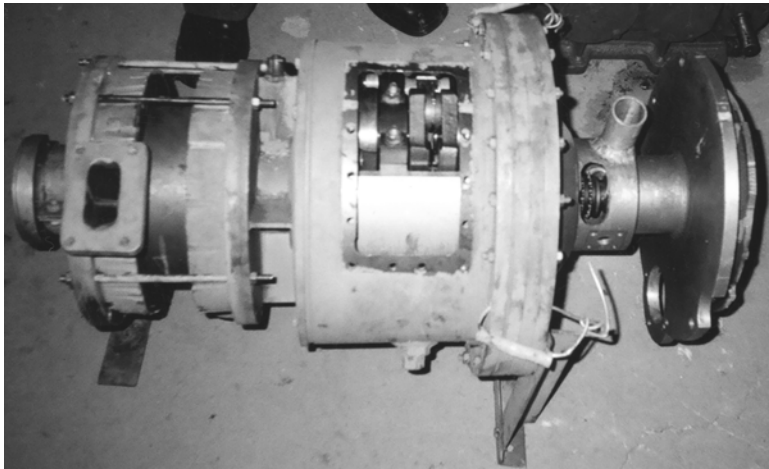


Рисунок 1 – Загальний вигляд РПД

Дослідницько-теоретична частина. Розглянемо більш детально кінематичний механізм роторно-поршневого двигуна (РПД) внутрішнього згоряння, який описано в (1, 2, 3, 4).

Якщо котиться круг d без ковзання по прямій лінії, то будь-яка точка A на кругу буде описувати циклоїду. При замиканні прямої на коло D з передаточним відношенням $i = \frac{D}{d} = 2$ (рис. 2), циклоїда перетвориться на еліпс (при $O_1A_1 < \frac{D}{2}$), де \hat{I}_1 – центр круга.

У цьому випадку еліпс матиме осі:

велика вісь

$$D - \frac{D}{4} + e = \frac{3}{4}D + e, \quad (1)$$

мала вісь

$$\frac{3}{4}D - e.$$

На рис. 2 показано круг d з центром \hat{I}_1 , що розміщений на верхній частині вертикальної осі Y кола D . Напрямок обертання круга d показано стрілкою ω . Прямая $\hat{A}_1\hat{A}_1 \parallel \vec{O}$. Точка \hat{A}_1, \hat{A}_1 розміщена на відстані e від осі X . При обертанні круга d на одну чверть кола D , точка \hat{I}_1 переміститься в точку \hat{I}_2 , точка \hat{A}_1 – в \hat{A}_2 . За повний оберт по колу D точка \hat{A}_1 опише траєкторію (еліпс) з точками A_1, A_2, A_3, A_4 .

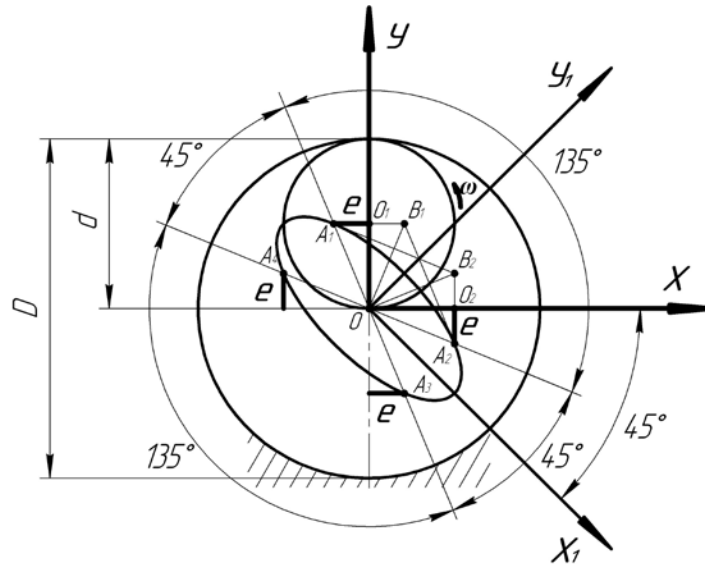


Рисунок 2 – Еліпс, що описує точка A1 (A2, A3, A4) з ексцентриком e
 Якщо, наприклад, $\angle \hat{A}_1 \hat{I}_1 \hat{A}_1 = \alpha = 45^\circ$, (рис. 2), що не обов'язково, то

$$e = \frac{d}{2} \sin \frac{\alpha}{2}, \quad (2)$$

а прями $\hat{I}_1 \hat{A}_1$, $\hat{I}_1 \hat{A}_2$, $\hat{I}_1 \hat{A}_3$, $\hat{I}_1 \hat{A}_4$ утворять 2 кути по 45° і по 135° .

Рівняння еліпсу в системі координат $X_1 Y_1$ буде

$$\frac{4x_1^2}{\left(\frac{3}{4}D + e\right)^2} + \frac{4y_1^2}{\left(\frac{3}{4}D - e\right)^2} = 1, \quad (3)$$

Розглянемо рух поршнів у гільзі (рис. 3).

Поршень, позначений цифрою 1, за першу чверть оберту вала двигуна займе місце поршня, позначеного цифрою 2 і т.д. Якщо, наприклад, поршень займає по 45° , що теж не обов'язково, то в процесі роботи механізму кожен із поршнів послідовно буде проходити $45^\circ \rightarrow 135^\circ \rightarrow 45^\circ \rightarrow 135^\circ$ і т. д. (рис. 3 б). Отже, кінематичний механізм із 2-х шестерен з внутрішнім зачепленням може забезпечити необхідний рух обертання кожного поршня.

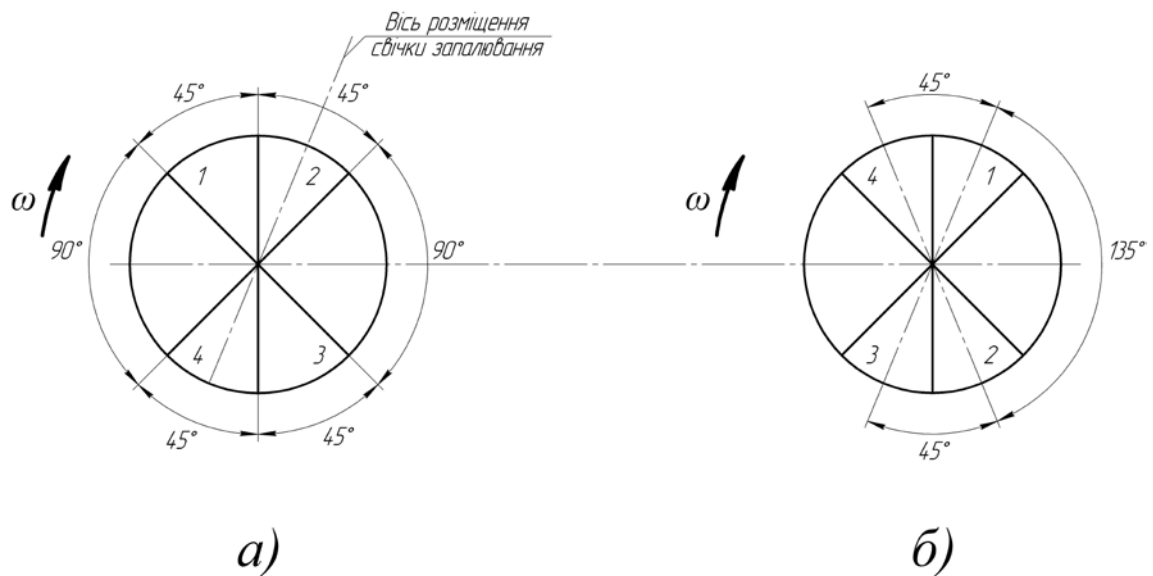


Рисунок 3 – Переміщення поршнів РПД за $\frac{1}{4}$ оберта вала двигуна

Із малюнків (1, 2) видно, що за повний робочий цикл механізму відрізок $\hat{A}_1\hat{A}_2$ не змінює своєї величини ($\hat{A}_1\hat{A}_2 = \hat{A}_1\hat{A}_2$). Отже відрізок $\hat{A}_1\hat{A}_2$ є таким, що з'єднує кінематично поршень з ексцентриситетом e внутрішнього круга d .

Визначимо довжину цього зв'язуючого елемента (шатуна). У системі XU (рис. 2) \hat{A}_1 і \hat{A}_2 мають координати

$$A_1 = \left\{ -e, \frac{d}{2} \right\}, \quad (4)$$

$$B_2 = \left\{ \frac{d}{2}, -\hat{a} \right\}$$

Звідси

$$l_\phi = \sqrt{\left(\hat{a} + \frac{d}{2}\right)^2 + \left(\frac{d}{2} + e\right)^2} = \hat{a} + \frac{d}{2}\sqrt{2}. \quad (5)$$

Рівняння (2) і (5) зв'язують в єдину залежність параметри механізму обертання поршнів.

$$\left. \begin{aligned} l_u &= \left(e + \frac{d}{2} \right) \sqrt{2}, \\ e &= \frac{d}{2} \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

При $\frac{D}{d} = 2$,

$$e < \frac{d}{2}$$

Маючи такий кінематичний зв'язок, одержимо, що при послідовному прокручуванні декілька разів валу двигуна на 45° , точка \hat{A}_1 буде описувати $45^\circ, 135^\circ, 45^\circ, 135^\circ$. Таку ж саму кутову відстань будуть описувати і поршні 1 і 3 (рис. 3).

Така залежність має місце, якщо два поршні попарно приєднати до двох валів, розмістивши один навпроти другого (на відстані 180° по колу).

Маючи нерівномірну кутову швидкість (на різних участках еліпса: A_4A_1, A_2A_3 – кутова швидкість менша, ніж на участках A_1A_2 і A_3A_4) – при кожній чверті оберту вала двигуна поршні займають положення, як показано на рис. 3.

Але при наближенні механізму до точок A_2A_4 поршень 1 (рис. 3) рухається швидше, ніж поршень 2 звільняє для нього своє місце. Отже, для забезпечення роботи кінематичного механізму дійсний кут поршня повинен бути меншим 45° . Тобто $\alpha_\phi < \alpha$.

Отже α_ϕ визначається залежністю

$$\alpha_\phi = \alpha - 2\Delta\alpha, \quad (7)$$

де $2\Delta\alpha$ – кут, на величину якого треба зменшити величину кута поршня α (рис. 4).

$\Delta\alpha$ визначається розрахунком перекриття поршнів у районі точок A_2A_4 механізму 2-х шестерен (рис. 2).

Для визначення $\Delta\alpha$ розраховується функція

$$\gamma = f(\varphi), \quad (8)$$

де γ – відстань між осями симетрії поршнів 1 і 2 при роботі механізму (рис. 3 б),

φ – кут повороту вала двигуна.

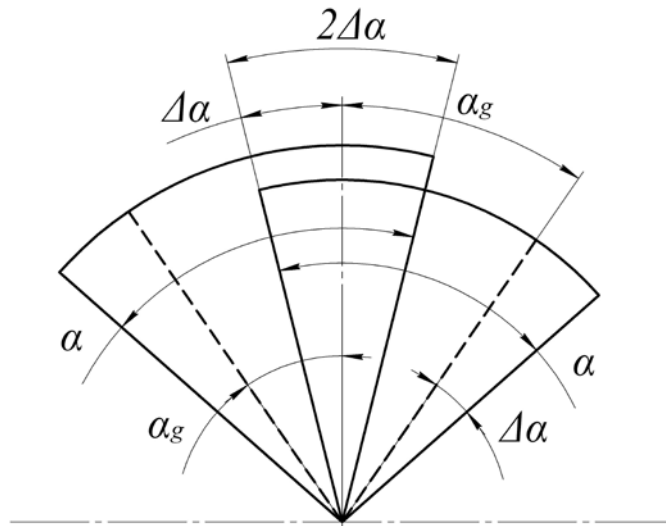


Рисунок 4 – Визначення перекриття поршнів $2\Delta\alpha$

Визначаємо φ_{α_g} – кут повороту вала двигуна, що відповідає мінімальній кутовій відстані між осями симетрії поршнів (γ_{\min}).

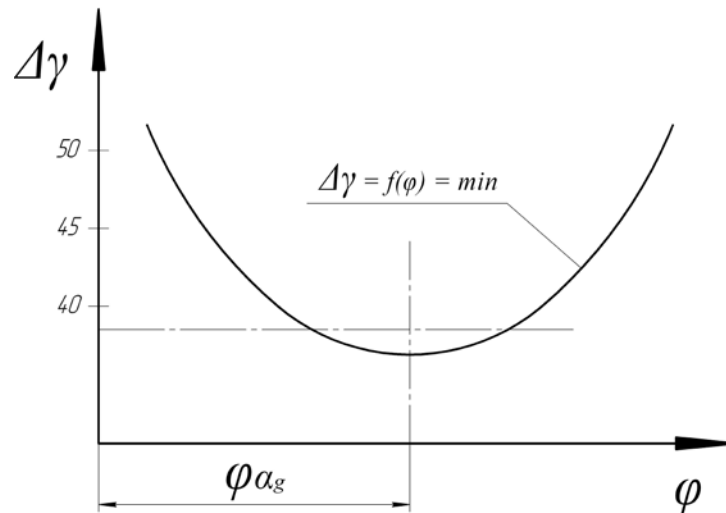


Рисунок 5 – Визначення величини перекриття поршнів і положення вала двигуна при $\Delta\gamma = \min$

З цих даних маємо (рис. 5):

$$\Delta\alpha = \frac{\alpha - \gamma_{\min}}{2}. \quad (9)$$

Зменшивши кут $\alpha = 45^\circ$ на $2\Delta\alpha$ з двох сторін (симетрично осі поршня), визначимо місце розміщення точки «початок робочого ходу» (місце установки свічки запалювання на корпусі блока з гільзою). Вісь розміщення свічки запалювання не буде співпадати з вертикальною віссю, а буде розміщена до неї під деяким кутом (рис. 2 а).

Для забезпечення необхідного ступеня стискування робочої суміші треба кутовий розмір α поршня зменшити для утворення камери згоряння (рис. 6).

$$V_{\text{к.з.}} = \kappa \cdot 2\Delta\alpha_{\text{згор.}}. \quad (10)$$

де $V_{\hat{e}.\hat{c}.}$ – об'єм камери згоряння; \hat{e} – коефіцієнт пропорційності визначається з конструкції камери згоряння; $\Delta\alpha_{\text{зад.}}$ – величина, на яку зменшуємо кут поршня з двох сторін симетрично осі поршня.

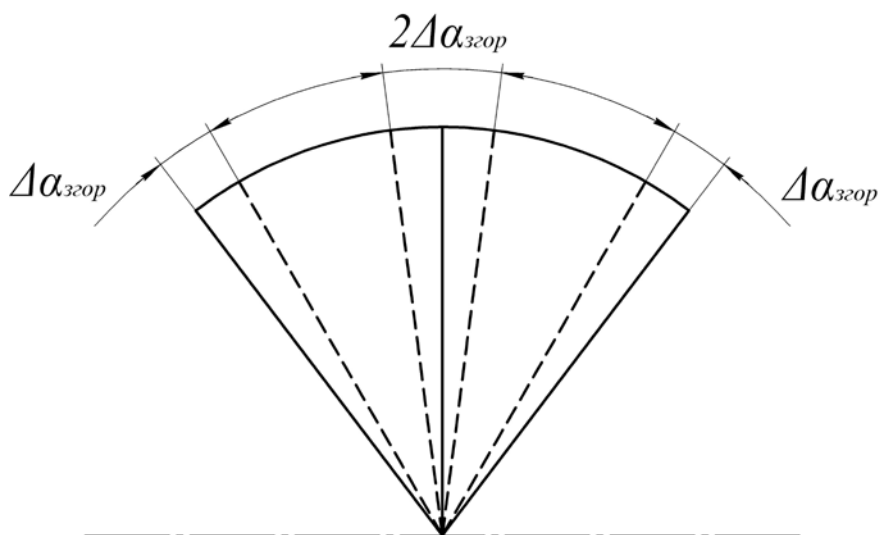


Рисунок 6 – Визначення об'єму камери згоряння $2\Delta\alpha_{\text{згор}}$.

При цьому

$$V_{\text{діа.еаі.}} = \hat{e} \cdot (90^\circ + 2\Delta\alpha + 2\Delta\alpha_{\text{згор}}), \quad (11)$$

де $V_{\text{діа.еаі.}}$ – об'єм робочої камери.

Якщо прийняти степінь стиснення робочої суміші $\xi = 10$, то

$$10 = \frac{90^\circ + 2\alpha_g + 2\Delta\alpha_{\text{згор}}}{2\Delta\alpha_{\text{згор}}}. \quad (12)$$

Звідси

$$\Delta\alpha_{\text{згор}} = \frac{45^\circ + \alpha_g}{18}. \quad (13)$$

Висновки. Практичні роботи по запровадженню РПД у виробництво показали, що еліпс (рис. 2) не єдина можлива траєкторія руху центра ексцентриситету e (точки А1), яка може забезпечити робочий цикл РПД. Отже існує можливість вилучити з конструкції коло D – шестерню з внутрішнім зачепленням, що суттєво зменшить габарити і масу двигуна.

При застосуванні шестерен з передаточним відношенням $i = \frac{D}{d} = 4$ – одержимо 8 робочих камер у двигуні і по 4 поршні на кожному валу. При тих же параметрах гільзи літраж двигуна дещо зменшиться, але потужність зросте суттєво за рахунок того, що при однакових обертах 4- і 8-камерного двигуна останній має повний робочий цикл за півоберта вала двигуна. Проте в цьому випадку конструкція блока водяної сорочки гільзи стане значно складнішою (дві свічки запалювання, 2 впуски, 2 випуски).

Розрахунок параметрів кінематичного механізму проведено на найпростішому для розуміння принципі роботи, конструкції двигуна й особливості кінематичного механізму привода поршнів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Патент України № 68465, С2.
2. Патент України № 32046, А.
3. Патент України № 31263, А.
4. Роторно-поршневий двигун внутрішнього згоряння (РПДВЗ) // Матеріали конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті», Херсон, 2009. Т. 4. – С. 125.

АЛГОРИТМ ДИНАМІКИ КІНЕМАТИЧНОГО МЕХАНІЗМУ ПРИВОДА ПОРШНІВ РОТОРНО-ПОРШНЕВОГО ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

Клименко В.В., Скрипніков О.І.
ВНЗ «Херсонський державний морський інститут»
(Україна)

Алгоритм динаміки кінематичного механізму привода поршнів роторно-поршневого двигуна (РПД) внутрішнього згоряння [1, 2, 3, 4] дозволить зробити силовий розрахунок деталей механізму РПД, який має з усіх відомих зараз типів двигунів внутрішнього згоряння найбільшу питому потужність ($N_{\text{нвд}} / G_{\text{вд}}$).

У статті подається схема, що може бути використаною при розробці алгоритму розрахунку динаміки РПД.

Система координат $X Y$ (рис. 1) проведена через центр O нерухокої шестерні D . Через точку O проведено пучок прямих у кількості, наприклад, 72 (з інтервалом через 5°)

$$y = k, \delta, \quad (1)$$

де, $k^3 = \text{tg}(5^\circ, 10^\circ, 15^\circ \dots 360^\circ)$

$$i = 1, 2, 3 \dots 72$$

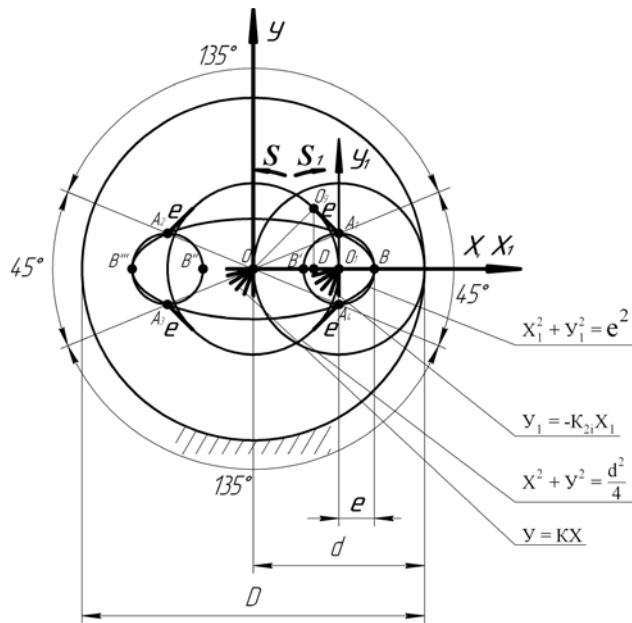


Рисунок 1 – Схема кінематичного механізму

Обираємо рухому систему координат $X_1 Y_1$ з центром у точці O_1 з осями, що в процесі роботи механізму залишаються паралельними осям X, Y . Зв'язок між координатами старої і нової системи в цьому випадку буде

$$\begin{aligned} \delta &= \delta_1 + \hat{a} \\ \acute{o} &= \acute{o}_1 + b \end{aligned} \quad (2)$$

де X, Y – координати точки в старій системі, $X_1 Y_1$ – координати тієї ж точки в новій системі, \hat{a}, b – координати нового центру в старій системі.

Через точку O_1 проведено пучок прямих (у новій системі) в наявності 36 (у випадку, коли: $i = \frac{D}{d} = 2$) з інтервалом 10° .

$$y_1 = k_{2i} \cdot x_1 \quad (3)$$

На осі X_1 відкладено відрізок $O_1B = e$. Точка B має координати $B\{e,0\}$,
де

$$\dot{a} = \frac{d}{2} \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}, \quad (4)$$

α – кут розхилу поршня в гільзі.

При $\beta = 1$ (в старій системі) центр O_1 рухається по колу $x^2 + y^2 = \frac{d^2}{4}$ в напрямку стрілки S до перетину з прямою $o' = k_{i-1}x = \operatorname{tg}5^\circ x$

Знайдено координати O_1 при $i = 1$.

Маємо:

$$\begin{aligned} x^2 + y^2 &= \frac{d^2}{4} \\ y &= kx \\ k &= \operatorname{tg}5^\circ \end{aligned} \quad (5)$$

Рішення системи дає

$$O_{1i} = 1 \left\{ \frac{d}{2} \frac{\sqrt{1+k_i^2}}{1+k_i^2}, k \frac{d}{2} \frac{\sqrt{1+k_{i-1}^2}}{1+k_{i-1}^2} \right\} \quad (6)$$

при $k_{i-1} = \operatorname{tg}5^\circ$

Рухом шестерня займе положення з центром у точці $O_{1^{i-1}}$, і крім того, здійснить поворот на 10° за часовою стрілкою

$$y = -k_{2i}x \quad (7)$$

У новій системі (X_1, Y_1) точка B описує коло, з радіусом \dot{a} .

$$x_1^2 + y_1^2 = e^2 \quad (8)$$

до перетину з прямою $y_1 = k_{2i}x_1$. Координати точки B в новій системі при $i = 1$ одержали із системи.

$$\begin{aligned} x_1^2 + x_1^2 &= e^2 \\ y_1 &= -k_{2i}x_1 \end{aligned} \quad (9)$$

Рішення системи дає

$$x_1 = \frac{e}{1-k_{2i}^2} \quad (10)$$

$$y_1 = -k_{2i} \frac{e}{1-k_{2i}^2} \text{ при } k_{2i} = \operatorname{tg}10^\circ$$

Точка B при $i = 1$ в старій системі буде мати згідно з (6) координати:

$$B_{i=1} \left\{ \frac{e}{1-k_{2i}^2} + \frac{d}{2} \frac{\sqrt{1+k_{i-1}^2}}{(1+k_{i-1}^2)}, -k_{2i} \frac{e}{1-k_{2i}^2} + k_{i-1} \frac{d}{2} \cdot \frac{\sqrt{1+k_{i-1}^2}}{1+k_{i-1}^2} \right\} \quad (11)$$

Проводячи такі рішення для $i = 1, 2, 3, \dots, 72$, одержимо траєкторію еліпса (в нерухомій системі координат X, Y):

$$\frac{x^2}{\left(\frac{d}{2} + e\right)^2} + \frac{y^2}{\left(\frac{d}{2} - e\right)^2} = 1. \quad (12)$$

При $i = 45^\circ, 135^\circ, 225^\circ, 315^\circ$ одержимо координати точок A_1, A_2, A_3, A_4 , що з центром координат O утворюють кути 45° і 135° (рис. 1, рис. 2 для порівняння).

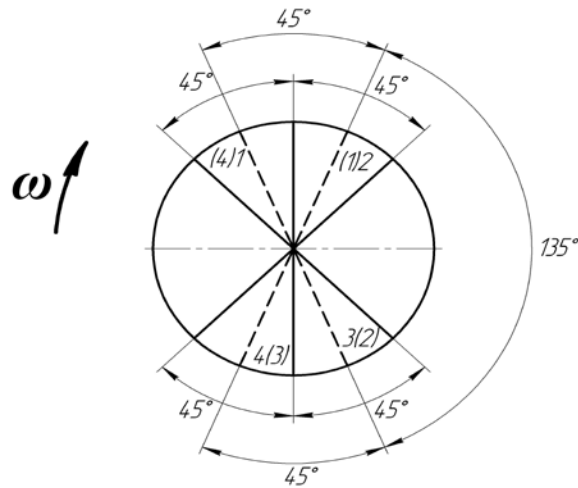


Рисунок 2 – Рух поршнів у робочому циклі

Виберемо плече приводу поршня, наприклад, $h = \frac{d}{2}$ (що не обов'язково) і знайдемо координати точки O_9 . (Залежність (10) при $i = 90^\circ$ $k_9 = \text{tg}45^\circ$, або з прямокутного рівнобедреного трикутника O_1O_9C одержимо,

$$\hat{I}_9 \left\{ \frac{d}{4} \sqrt{2}, \frac{d}{4} \sqrt{2} \right\}. \quad (13)$$

Знайдемо довжину відрізка O_9B (шатуна механізму). Згадаємо, що $B\{e, o\}$ і одержимо

$$l_\phi = O_9B \sqrt{\frac{d}{4} \sqrt{2} - e^2 + \frac{d^2}{8}}. \quad (14)$$

Знаючи координати точки B_i і довжину плеча h приводу поршнів (рис. 2, 3), координати точки F визначаємо як перетин двох кіл:

кола радіусом l_ϕ з центром у точці B і кола радіусом $h = \frac{d}{2}$ (в нашому випадку) з центром в точці O (рис. 3).

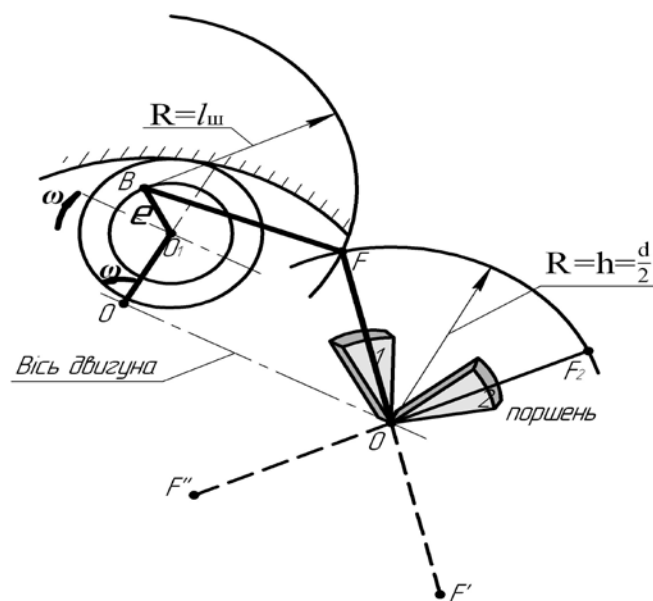


Рисунок 3 – Кінематична схема двигуна

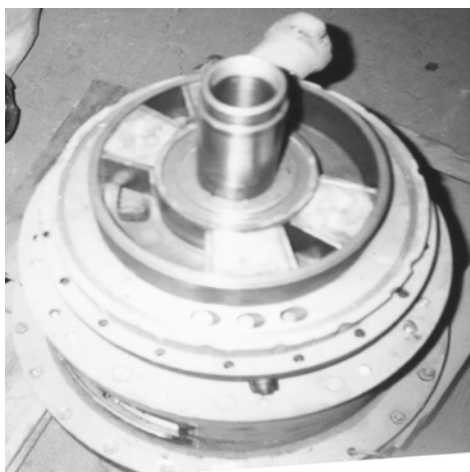


Рисунок 4 – РПД з поршнями $\alpha = 56^\circ$

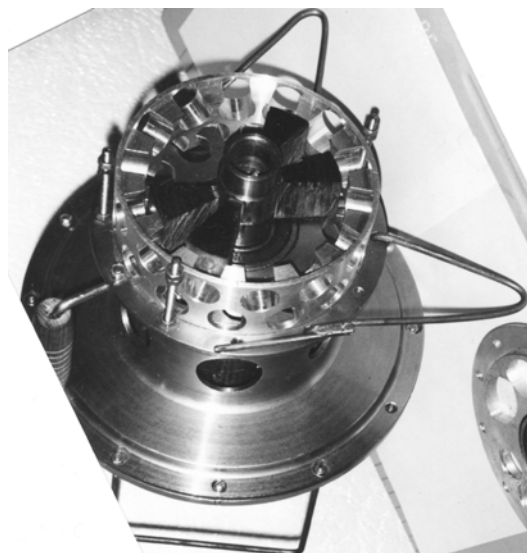


Рисунок 5 – РПД з поршнями $\alpha = 30^\circ$

Кінематичний механізм, побудований за схемою (рис. 3), приводить у дію одну пару поршнів, наприклад поршні 1 і 3. Друга пара поршнів приводить у дію (зі здвигом по фазі на 90°) по обертанні вала двигуна другим шатуном, що має шарнірне з'єднання з аналогічними точками механізму другої пари поршнів (2 і 4): точкою B^I (рис. 1) і точка F_2 (рис. 3).

Для динамічного врівноваження механізму з'єднуються з поршнями точки B^{II} і B^{III} з відповідними точками F^{II} і F^{III} . Таке кінематичне з'єднання забезпечує перерозподіл (зменшення в два рази) навантажень на деталі механізму: потужність робочої камери розгалужується на два потоки й об'єднується на валу двигуна. Цей фактор може суттєво зменшити габарити і масу двигуна.

Алгоритм динаміки кінематичного механізму привода поршнів дозволить наглядно зобразити рух деталей механізму в роботі, побудувати плани механізму для силового розрахунку деталей.

ТЕРМОАКУСТИЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННІ, СУЧАСНИЙ СТАН ТА ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ

Коробко В.В.

Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова
(Миколаїв, Україна)

Вступ. Сучасне суспільство характеризується зростаючим рівнем споживання енергетичних ресурсів. Більшість базових технологій виробництва здебільшого орієнтована на використання енергоємних процесів. У відповідності до цього зростає роль наукових досліджень та інженерних розробок, що спрямовані на вирішення питань розробки енергозберігаючих та ресурсозощаджуючих технологій.

Актуальність досліджень та постановка задачі. За останній час склалася ситуація, за якою світові ціни на сировину та видобувні енергоносії мають стійку тенденцію до зростання [1]. Тому зрозуміло, що цей фактор є вагомим стимулом розвитку технологій енергозбереження, пошуку нових технічних рішень використання вторинних або відновлюваних енергоресурсів.



Рисунок 1 – Зміна світової ціни на нафту за останнє десятиріччя

Існує певна кількість енергозберігаючих технологій, що використовуються в промисловості, транспорті тощо. Області застосування кожної визначаються як її властивостями, так і особливостями наявних вторинних енергоресурсів (ВЕР), а саме: температурним рівнем, наявними обсягами, фізико-хімічними якістьми.

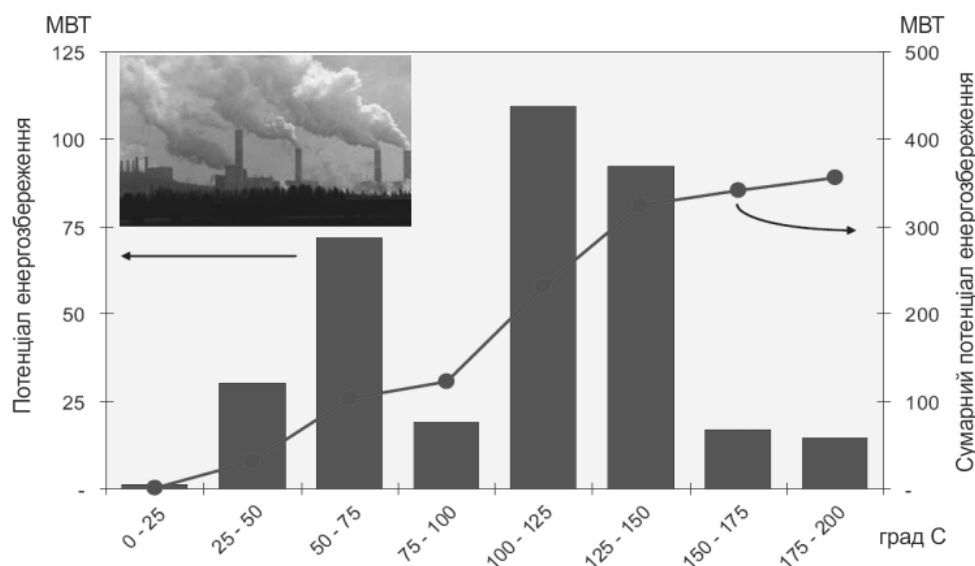


Рисунок 2 – Структура ВЕР сучасного нафтопереробного комплексу

Частіше за все структура вторинних енергоносіїв досить складна (рис. 2) і не всі ресурси можуть бути ефективно утилізовані [2]. Вторинні енергоресурси з температурами у 250°C – 450°C використовуються в поширених схемах утилізації теплоти – когенераційних або тригенераційних. Більш складна задача це ефективне використання

низькотемпературних вторинних енергоресурсів з температурами рівня 150°C або нижче. Можна вважати, не існує єдиного універсального технологічного рішення.

З метою вирішення цієї задачі за доцільне можна вважати впровадження термоакустичних технологій, які мають певні переваги над традиційними рішеннями, а саме: просту конструкцію, високу надійність в експлуатації, екологічність, відносно малу вартість. Головна відмінність термоакустичних теплових машин від традиційних – це відсутність рухомих механічних елементів. Потужні акустичні коливання в порожнинах цих апаратів та їх теплообмінниках забезпечують як перенос механічної енергії, так і її пряме та зворотне перетворення в теплову енергію. У термоакустичних двигунах (ТАД) та теплових насосах (ТАН) досить просто реалізується термодинамічний цикл Стірлінга, що забезпечує їм високу ефективність [2, 3]. Існують діючі зразки ТАД, що здатні працювати від різниці температур у 31°C відносно довкілля, а в кращих зразках термоакустичних двигунів коефіцієнт корисної дії (ККД) досягає 0,42 від ККД циклу Карно, а ТАН забезпечують підвищення температури теплоносія до 100°C – 150°C .

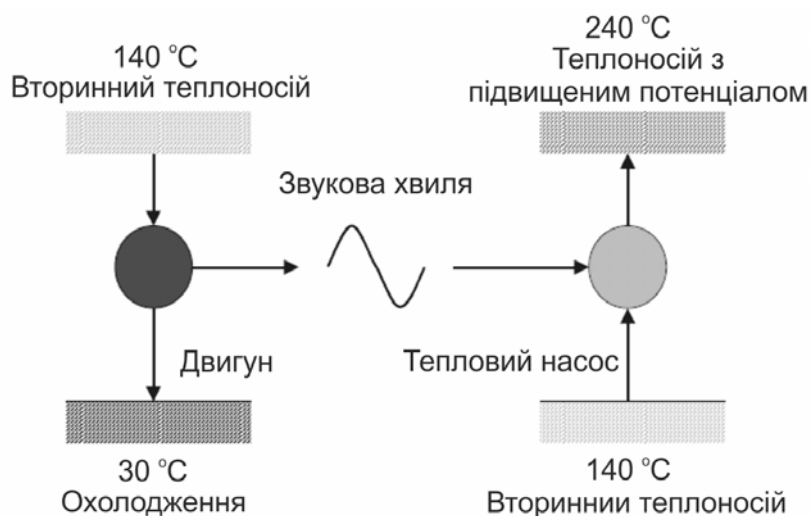


Рисунок 3 – Принципова схема термоакустичної тепло-насосної установки для підвищення потенціалу вторинних енергоресурсів

Висновки.

- Існуючі технології не забезпечують ефективного використання саме низькотемпературних вторинних енергоносіїв.
- Термоакустичні технології це перспективний шлях для вирішення задач утилізації низькотемпературних енергоресурсів, але для їх широкого впровадження в промисловості та транспорті потрібні глибокі наукові дослідження.

ЛІТЕРАТУРА

1. Електронний ресурс:
<http://news.yandex.ru/quotes/1006.html#20061122-20110318>
 2. Spoelstra S., Tijani M.E.H. Thermoacoustic heat pumps for energy savings. – Grensoverschrijdende akoestiek, The Netherlands, 2005. – 23 p.
 3. De Blok K. Low operating temperature integral thermo acoustic devices for solar cooling and waste heat recovery: International conference [Acoustic-2008], (Paris, 2008).
- Коробко В.В. Сучасні тенденції розвитку технології використання вторинних енергоресурсів: Міжнародна науково-практична конференція [MINTT-2010], (Херсон, 2010). – С. 233-237.

ДОСЛІДНІ ЗРАЗКИ І МЕТОДИКИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ДЕЯКИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ РІЗАННЯ ПРИ СВЕРДЛІННІ

Кривий П.Д., Кобельник В.Р.

Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя
(Україна)

Проаналізовано ряд літературних джерел [1-3], присвячених використанню дослідних зразків і методик для визначення деяких параметрів процесу різання при свердлінні.

Виявлено, враховуючи особливості процесу різання при свердлінні, а саме: непостійність швидкості різання V по всій довжині головної різальної кромки (ГРК); змінні кривизна оброблюваної поверхні та головні передні γ і задні α кути і кут загострення β в кожній точці ГРК свердла; змінна величина пластичної деформації зрізуваного шару по довжині ГРК, що існуючі результати досліджень таких параметрів висвітлені недостатньо.

Тому створення нових конструкцій дослідних зразків та методик їх використання частково доповнять прогалини в області цих досліджень і є актуальною задачею.

Особливістю конструкції, наприклад, першого типу дослідних зразків є те, що він виготовлений у вигляді диска і на двох його торцевих (лівій і правій) поверхнях виконані концентричні циліндри різної висоти з постійною товщиною стінок t , а зовнішні – D_{zi} і внутрішні D_{ei} діаметри цих циліндрів визначаються з умов, відповідно:

$$D_{zi} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot n_i \cdot \varphi_0^{i-1}} \text{ та } D_{ei} = D_{zi} - 2 \cdot t,$$

де V – допустима різальною здатністю матеріалу інструменту швидкість різання; n – частота обертання шпинделя верстата за його паспортом; φ_0 – знаменник ряду геометричної прогресії, $i = 1, 2, 3, \dots, i$, – порядковий номер ступеня частот обертання шпинделя. На бічних поверхнях циліндрів на віддаль l_j від їх торців виконані симетрично розміщені по колу наскрізні отвори діаметром $d \leq t$ і ці віддалі визначаються із умови

$$l_1 : l_2 : l_3 : \dots : l_{(p-1)} : l_p = (D_{z1}^2 - D_{e1}^2) : (D_{z2}^2 - D_{e2}^2) : (D_{z3}^2 - D_{e3}^2) : \dots : (D_{z(p-1)}^2 - D_{e(p-1)}^2) : (D_{zp}^2 - D_{ep}^2),$$

а мінімальна віддаль l_{\min} між внутрішнім діаметром j -го циліндра і зовнішнім діаметром

$$(j-1)\text{-го циліндра повинна бути не менше } l_{\min} = \frac{D_{ej} - D_{zj}}{2} = 3 \dots 4 \text{ мм.}$$

Запропонований зразок використовують при моделюванні процесу свердління точінням із застосуванням комплексу спеціальних різців, у яких значення головного переднього γ і головного заднього α кутів відповідають значенням у заданих точках ГРК, розміщених на відповідних діаметрах ГРК свердла. При використанні такого типу зразка отримують дані про вплив кривизни оброблюваної поверхні ρ , зміни γ , α , β на такі параметри процесу різання, як коефіцієнт поздовжнього укорочення κ_n і коефіцієнт Пуассона μ .

Зразок другого типу, являє собою пустотілий циліндр з розміщеним у середній його частині дном, у якому виконано отвори, через які пропущено гвинти, що закріплюють змінні вставки, у верхній частині яких виконані трубчасті виступи з постійною товщиною стінки t ($t=1,5 \dots 3$ мм) і різними зовнішніми діаметрами D_i ($i=1, 2, 3, \dots, p$), причому перша змінна вставка має зовнішній діаметр трубчастого виступу D_1 менший від діаметра свердла $D_{св}$ на величину 2Δ ($\Delta=0,5, \dots 1$ мм), а наступні вставки мають зовнішні діаметри трубчастих виступів, які визначаються за формулою

$$D_i = \frac{D_{ce} - 2 \cdot \Delta}{\varphi_0^{i-1}}, \text{ де } \varphi_0 - \text{знаменник геометричного нормального ряду частот обертання}$$

шпинделя вертикально – свердлильного верстата. Верхня торцева поверхня трубчастого виступу виконана внутрішньо-конічно з кутом, який дорівнює куту при вершині циліндричного спірального свердла – 2φ . Даний зразок із застосуванням вертикально-свердлильного верстата використовується наступним чином. У шпинделі верстата закріплюють циліндричне спіральне свердло, в якому відома зміна кута загострення β по довжині ГРК від діаметра, тобто на заданому діаметрі D_i відоме значення β_i . Встановлюють і закріплюють, наприклад, перший дослідний зразок із зовнішнім діаметром трубчастого виступу $D_1 = D_{ce} - 2 \cdot \Delta$ в патроні, який розміщено співвісно із свердлом. Задавши відповідною подачею $S = \text{const}$ і допустимою швидкістю різання $V_{дон} = \text{const}$, визначають розрахункову частоту обертання шпинделя вертикально-свердлильного верстата за формулою

$$n_1 = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot (D - 2 \cdot \Delta)}.$$

Потім за паспортом верстата корегують n_1 , приймаючи за дійсну частоту обертання шпинделя n_{10} значення, яке дорівнює або є найближчим меншим паспортним значенням із ряду частот обертання шпинделя $n_{10} \leq n_1$.

Здійснюють процес різання при свердлінні із постійними елементами режиму різання n_{10} , S і t . При цьому беруть до уваги, що за відомими головним переднім кутом циліндричного спірального свердла і головним заднім кутом визначають кут загострення. На отриманих при цих режимах, на діаметрі D_1 зразках стружки, досліджують, наприклад, ваговим методом, коефіцієнт її поздовжнього укорочення κ_n , який відповідає певному значенню кута загострення зуба β циліндричного спірального свердла. За отриманими значеннями визначають коефіцієнт Пуассона і пластичність зрізаного шару.

Конструкція дослідного зразка третього типу являє собою модернізовану конструкцію дослідного зразка першого типу з тією відмінністю, що концентрично розміщені циліндри з постійною товщиною стінок рівною t виконані корончатими з поздовжніми пазами і постійними довжинами дуг $L_{дз}$ виміряними по їх зовнішніх поверхнях із забезпеченням умови

$$L_{дз} = C \cdot n_1 \cdot \Theta_1 = C \cdot n_2 \cdot \Theta_2 = C \cdot n_3 \cdot \Theta_3 = \dots = C \cdot n_i \cdot \Theta_i,$$

$$\text{тут } C = \frac{1000 \cdot V}{2 \cdot \pi}.$$

Використання цього типу зразка дає можливість, вимірявши довжину стружки $L_{стр}$ на кожній ступені, отримати значення κ_n і μ за формулами $\kappa_n = \frac{L_{дз}}{L_{стр}}$ і $\mu = \frac{1}{\kappa}$ в залежності від ρ оброблюваної поверхні.

Запропоновані конструкції дослідних зразків і методик їх використання забезпечать високу достовірність отриманих результатів при дослідженні процесу свердління.

ЛІТЕРАТУРА

1. Армарего И. Дж. А. Обработка металлов резанием. / И. Дж. А. Армарего, Р.Х. Браун / Перевод с английского Пастунов В.А. – М.: Машиностроение, 1977. – 325 с.
2. Грузинов И.И. Определение влияния и взаимозависимости отдельных режущих кромок сверл на силовые и стойкостные зависимости при сверлении / И.И. Грузинов // Спиральные сверла. Сборник материалов всесоюзного совещания по спиральным сверлам. – М., 1966. – С. 224 – 230.

СИНТЕЗ ФІЗИЧНОЇ МОДЕЛІ КРАНА-МАНІПУЛЯТОРА З ГІДРОПРИВОДОМ НА ТРАНСПОРТНОМУ ЗАСОБІ

Ловейкін В.С.

Національний університет біоресурсів та природокористування (Київ, Україна),
Горбатюк Є.В., Міщук Д.О.

Київський національний університет будівництва і архітектури (Україна)

Вступ. Технологічний процес промислово-будівельного виробництва пов'язаний з перенесенням значної кількості вантажів. Для поліпшення умов праці робітників промислово-будівельної галузі та підвищення продуктивності виконання вантажопідйомних і транспортних робіт, широкого застосування набули крани-маніпулятори з гідроприводом на транспортних засобах.

Доставка за їх допомогою вантажів у контейнерах та пакетах дозволяє в 2-3 рази скоротити час простою автотранспорту та в 1,5-2 рази – кількість автотранспортних засобів; зменшити чисельність допоміжних робітників; значно скоротити на вантажних роботах використання стрілових самохідних кранів, збільшивши на 15-20% час їх зайнятості на основних роботах; підвищити чіткість та ритмічність доставки вантажів, скоротивши простої робітників на будівельно-монтажних роботах; скоротити терміни доставки вантажів [1].

Під час роботи крана-маніпулятора, в процесі зміни вильоту його стріли з вантажем, кожен елемент стрілової системи рухається за законом, який визначається її конструкцією. Це призводить до того, що, при зміні вильоту вантажу, кінетична енергія системи є величиною змінною, причому максимальне значення кінетичної енергії, яке визначає одну з основних складових енергетичних витрат приводного механізму, в багатьох випадках, у декілька разів перевищує її середнє значення. У результаті, приведення в рух кожного елемента такої стрілової системи, призводить до виникнення в її шарнірно-зчленованих елементах значних динамічних навантажень, які погіршують роботу маніпулятора, зменшують міжремонтний цикл і ресурс стрілової системи та системи приводу [2].

У зв'язку з цим постає задача зменшення динаміки роботи стрілової крана-маніпулятора шляхом створення оптимальних режимів його роботи.

Актуальність дослідження. Широке розповсюдження маніпуляторів у різних галузях техніки і промисловості, зумовлює потребу проводити підвищення їх технічного рівня, якості функціонування та надійності. Отож необхідно проводити дослідження таких систем.

Розгляд проблеми зниження енергетичних витрат та підвищення надійності маніпуляторної системи вирішують як за рахунок підбору раціонально-оптимальних геометричних параметрів стрілової системи, так і шляхом зміни режимів руху її складових елементів [3, 4, 5].

Одним з етапів дослідження крана-маніпулятора є експериментальні дослідження.

При проведенні експериментальних досліджень використовуються натурні об'єкти або їх фізичні моделі [6]. При експериментальних дослідженнях на натурних об'єктах, засоби експериментального дослідження взаємодіють безпосередньо із самим об'єктом дослідження, а при модельному дослідженні – з його змодельованим прототипом.

Для проведення експериментальних досліджень крана-маніпулятора з гідроприводом на транспортному засобі на перших етапах проектування та дослідження в межах дослідницьких лабораторій задля економії часу й енергоресурсів, доцільно створити фізичну модель даного крана та провести на ній повноцінні експериментальні дослідження. При цьому фізична модель повинна відтворювати досліджуваний процес або явище [7]. Тому синтез фізичної моделі крана-маніпулятора є актуальною задачею дослідження.

Постановка задачі. Для дослідження динаміки стрілової системи крана-маніпулятора при зміні вильоту вантажу, синтезу оптимальних режимів її роботи та вдосконалення системи приводу, необхідно розробити фізичну модель маніпулятора та визначити її параметри. З метою визначення необхідних для дослідження характеристик крана-маніпулятора необхідно також розробити комплекс вимірювально-реєструючої апаратури.

Результати проведених досліджень. Розглянемо мобільний кран-маніпулятор з гідروприводом робочого обладнання, що може бути використаний на складських приміщеннях та в портах на відкритих майданчиках у якості підйомно-транспортної машини при перевантаженні різного роду вантажів [5]. На рис. 1 зображено мобільний кран-маніпулятор з гідроприводом, що складається із ходової частини 1, на якій розміщена нерухома опора 2, до якої через роликівий опорно-поворотний пристрій 3 приєднано похилу стійку 4. Похила стійка 4 шарнірно з'єднана з підйомною стрілою 5, на кінці якої шарнірно закріплено поворотну рукоять 6 та висувну балку 7. До кінця висувної балки 7 шарнірно приєднано вантажозахоплювальний пристрій 8. Зміна вильоту стріли маніпулятора в площині відбувається за рахунок руху приводних гідроциліндрів Ц1, Ц2, Ц3.

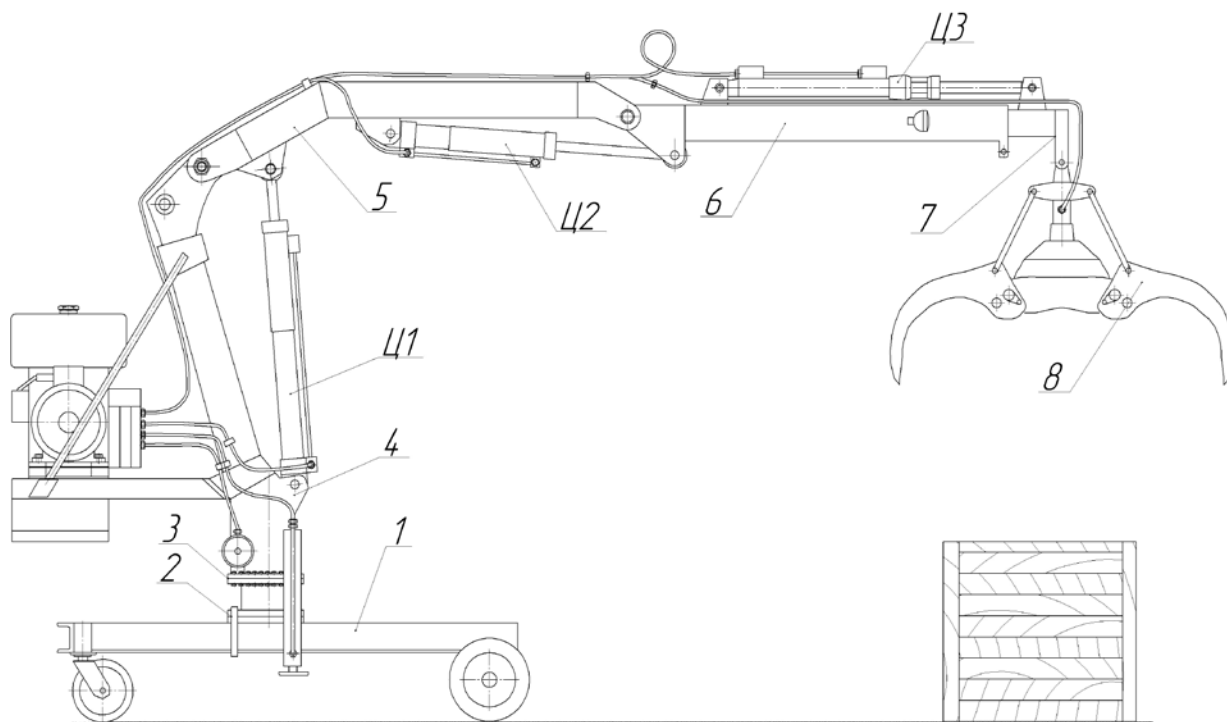


Рисунок 1 – Загальний вигляд мобільного вантажного крана-маніпулятора

Для наведеного крана-маніпулятора з гідроприводом запишемо диференціальні рівняння, які описуватимуть динаміку його руху [6]. За узагальнені координати наведеної динамічної моделі крана (рис. 1) приймемо переміщення штоків приводних гідроциліндрів Ц1, Ц2 та Ц3 та надамо їм позначення $q_{\delta 1}$, $q_{\delta 2}$ та $q_{\delta 3}$. Тоді рух запропонованої моделі крана-маніпулятора в площині зміни вильоту визначатиметься системою наступних диференціальних рівнянь:

$$\left\{ \begin{array}{l} J_5 \ddot{\alpha} \frac{\partial \alpha}{\partial q_{\delta 1}} + m_6 \ddot{x}_6 \frac{\partial x_6}{\partial q_{\delta 1}} + m_6 \ddot{y}_6 \frac{\partial y_6}{\partial q_{\delta 1}} + (J_{s6} + J_{s7}) \ddot{\gamma} \frac{\partial \gamma}{\partial q_{\delta 1}} + m_7 \ddot{x}_7 \frac{\partial x_7}{\partial q_{\delta 1}} + m_7 \ddot{y}_7 \frac{\partial y_7}{\partial q_{\delta 1}} + \\ + m_8 \ddot{x}_8 \frac{\partial x_8}{\partial q_{\delta 1}} + m_8 \ddot{y}_8 \frac{\partial y_8}{\partial q_{\delta 1}} = F_{\delta 1} - m_5 g \frac{\partial y_5}{\partial q_{\delta 1}} - m_6 g \frac{\partial y_6}{\partial q_{\delta 1}} - m_7 g \frac{\partial y_7}{\partial q_{\delta 1}} - m_8 g \frac{\partial y_8}{\partial q_{\delta 1}}; \\ J_5 \ddot{\alpha} \frac{\partial \alpha}{\partial q_{\delta 2}} + m_6 \ddot{x}_6 \frac{\partial x_6}{\partial q_{\delta 2}} + m_6 \ddot{y}_6 \frac{\partial y_6}{\partial q_{\delta 2}} + (J_{s6} + J_{s7}) \ddot{\gamma} \frac{\partial \gamma}{\partial q_{\delta 2}} + m_7 \ddot{x}_7 \frac{\partial x_7}{\partial q_{\delta 2}} + m_7 \ddot{y}_7 \frac{\partial y_7}{\partial q_{\delta 2}} + \\ + m_8 \ddot{x}_8 \frac{\partial x_8}{\partial q_{\delta 2}} + m_8 \ddot{y}_8 \frac{\partial y_8}{\partial q_{\delta 2}} = F_{\delta 2} - m_5 g \frac{\partial y_5}{\partial q_{\delta 2}} - m_6 g \frac{\partial y_6}{\partial q_{\delta 2}} - m_7 g \frac{\partial y_7}{\partial q_{\delta 2}} - m_8 g \frac{\partial y_8}{\partial q_{\delta 2}}; \\ J_5 \ddot{\alpha} \frac{\partial \alpha}{\partial q_{\delta 3}} + m_6 \ddot{x}_6 \frac{\partial x_6}{\partial q_{\delta 3}} + m_6 \ddot{y}_6 \frac{\partial y_6}{\partial q_{\delta 3}} + (J_{s6} + J_{s7}) \ddot{\gamma} \frac{\partial \gamma}{\partial q_{\delta 3}} + m_7 \ddot{x}_7 \frac{\partial x_7}{\partial q_{\delta 3}} + m_7 \ddot{y}_7 \frac{\partial y_7}{\partial q_{\delta 3}} + \\ + m_8 \ddot{x}_8 \frac{\partial x_8}{\partial q_{\delta 3}} + m_8 \ddot{y}_8 \frac{\partial y_8}{\partial q_{\delta 3}} = F_{\delta 3} - m_5 g \frac{\partial y_5}{\partial q_{\delta 3}} - m_6 g \frac{\partial y_6}{\partial q_{\delta 3}} - m_7 g \frac{\partial y_7}{\partial q_{\delta 3}} - m_8 g \frac{\partial y_8}{\partial q_{\delta 3}}, \end{array} \right. \quad (1)$$

де α та γ – кутові координати ланок стрілової системи крана-маніпулятора; x_6 , y_6 , x_7 , y_7 , x_8 , y_8 – координати центрів ваги відповідно поворотної рукояті, висувної балки маніпулятора та вантажозахоплювального пристрою разом з вантажем; $q_{\delta 1}$, $q_{\delta 2}$ та $q_{\delta 3}$ – переміщення штоків привідних гідроциліндрів; $\frac{\partial \alpha}{\partial q_1}$, $\frac{\partial x}{\partial q_1}$, ..., $\frac{\partial y_8}{\partial q_3}$ – передаточні функції відповідних ланок маніпулятора [8]; J_5 , J_{s6} , J_{s7} – моменти інерції підйомної стріли, поворотної рукояті та висувної балки відносно точок їх обертання; m_5 , m_6 , m_7 , m_8 – маси рухомих ланок стрілової системи маніпулятора та вантажу; $F_{\delta 1}$, $F_{\delta 2}$ та $F_{\delta 3}$ – привідні сили на виконавчих гідроциліндрах Ц1, Ц2, Ц3.

Рівняння руху (1) будуть подібними для натурної установки та її фізичної моделі [6-7].

Виразимо параметри натурної установки через відповідні параметри її фізичної моделі та коефіцієнти подібності:

$$\begin{aligned} J_{5H} &= \lambda_J \cdot J_{5M}; J_{s6H} = \lambda_J \cdot J_{s6M}; J_{s7H} = \lambda_J \cdot J_{s7M}; m_{5H} = \lambda_m \cdot m_{5M}; \\ m_{6H} &= \lambda_m \cdot m_{6M}; m_{7H} = \lambda_m \cdot m_{7M}; m_{8H} = \lambda_m \cdot m_{8M}; x_{6H} = \lambda_l \cdot x_{6M}; \\ x_{7H} &= \lambda_l \cdot x_{7M}; x_{8H} = \lambda_l \cdot x_{8M}; y_{6H} = \lambda_l \cdot y_{6M}; y_{7H} = \lambda_l \cdot y_{7M}; \\ y_{8H} &= \lambda_l \cdot y_{8M}; q_{\delta 1H} = \lambda_l \cdot q_{\delta 1M}; q_{\delta 2H} = \lambda_l \cdot q_{\delta 2M}; q_{\delta 3H} = \lambda_l \cdot q_{\delta 3M}; \\ F_{\delta 1H} &= \lambda_F \cdot F_{\delta 1M}; F_{\delta 2H} = \lambda_F \cdot F_{\delta 2M}; F_{\delta 3H} = \lambda_F \cdot F_{\delta 3M}; t_H = \lambda_t \cdot t_M, \end{aligned} \quad (2)$$

де J_{5H} , J_{6H} , J_{7H} , m_{5H} , m_{6H} , m_{7H} , m_{8H} , x_{6H} , x_{7H} , x_{8H} , y_{6H} , y_{7H} , y_{8H} , $q_{\delta 1H}$, $q_{\delta 2H}$, $q_{\delta 3H}$, $F_{\delta 1H}$, $F_{\delta 2H}$, $F_{\delta 3H}$, t_H – параметри натурної установки; J_{5M} , J_{6M} , J_{7M} , m_{5M} , m_{6M} , m_{7M} , m_{8M} , x_{6M} , x_{7M} , x_{8M} , y_{6M} , y_{7M} , y_{8M} , $q_{\delta 1M}$, $q_{\delta 2M}$, $q_{\delta 3M}$, $F_{\delta 1M}$, $F_{\delta 2M}$, $F_{\delta 3M}$, t_M – параметри моделі; λ_J , λ_m , λ_l , λ_F , λ_t – коефіцієнти подібності моделі до натурної установки.

Оскільки кутові координати не підлягають масштабуванню, тобто $\alpha_H = \alpha_M = \alpha$, $\gamma_H = \gamma_M = \gamma$, тому коефіцієнт подібності кута $\lambda_\alpha = \lambda_\gamma = 1$.

Застосовуючи принцип теорії подібності, виходячи зі співвідношення між коефіцієнтами подібності параметрів натурної установки та моделі, розрахуємо параметри фізичної моделі крана-маніпулятора.

Запишемо рівняння руху натурної установки та рівняння руху створюваної моделі, які будуть подібними до системи рівнянь (1). Для зменшення нагромадження

математичних записів, запишемо лише перше рівняння системи (1), а інші будуть ідентичними:

$$\begin{aligned}
 & J_{5H} \frac{d^2 \alpha}{dt_H^2} \frac{\partial \alpha}{\partial q_{\alpha 1H}} + m_{6H} \frac{d^2 x_{6H}}{dt_H^2} \frac{\partial x_{6H}}{\partial q_{\alpha 1H}} + m_{6H} \frac{d^2 y_{6H}}{dt_H^2} \frac{\partial y_{6H}}{\partial q_{\alpha 1H}} + (J_{s6H} + J_{s7H}) \frac{d^2 \gamma}{dt_H^2} \frac{\partial \gamma}{\partial q_{\alpha 1H}} + \\
 & + m_{7H} \frac{d^2 x_{7H}}{dt_H^2} \frac{\partial x_{7H}}{\partial q_{\alpha 1H}} + m_{7H} \frac{d^2 y_{7H}}{dt_H^2} \frac{\partial y_{7H}}{\partial q_{\alpha 1H}} + m_{8H} \frac{d^2 x_{8H}}{dt_H^2} \frac{\partial x_{8H}}{\partial q_{\alpha 1H}} + m_{8H} \frac{d^2 y_{8H}}{dt_H^2} \frac{\partial y_{8H}}{\partial q_{\alpha 1H}} = \\
 & = F_{\alpha 1H} - m_{5H} g \frac{\partial y_{5H}}{\partial q_{\alpha 1H}} - m_{6H} g \frac{\partial y_{6H}}{\partial q_{\alpha 1H}} - m_{7H} g \frac{\partial y_{7H}}{\partial q_{\alpha 1H}} - m_{8H} g \frac{\partial y_{8H}}{\partial q_{\alpha 1H}};
 \end{aligned} \tag{3}$$

$$\begin{aligned}
 & J_{5M} \frac{d^2 \alpha}{dt_M^2} \frac{\partial \alpha}{\partial q_{\alpha 1M}} + m_{6M} \frac{d^2 x_{6M}}{dt_M^2} \frac{\partial x_{6M}}{\partial q_{\alpha 1M}} + m_{6M} \frac{d^2 y_{6M}}{dt_M^2} \frac{\partial y_{6M}}{\partial q_{\alpha 1M}} + (J_{s6M} + J_{s7M}) \frac{d^2 \gamma}{dt_M^2} \frac{\partial \gamma}{\partial q_{\alpha 1M}} + \\
 & + m_{7M} \frac{d^2 x_{7M}}{dt_M^2} \frac{\partial x_{7M}}{\partial q_{\alpha 1M}} + m_{7M} \frac{d^2 y_{7M}}{dt_M^2} \frac{\partial y_{7M}}{\partial q_{\alpha 1M}} + m_{8M} \frac{d^2 x_{8M}}{dt_M^2} \frac{\partial x_{8M}}{\partial q_{\alpha 1M}} + m_{8M} \frac{d^2 y_{8M}}{dt_M^2} \frac{\partial y_{8M}}{\partial q_{\alpha 1M}} = \\
 & = F_{\alpha 1M} - m_{5M} g \frac{\partial y_{5M}}{\partial q_{\alpha 1M}} - m_{6M} g \frac{\partial y_{6M}}{\partial q_{\alpha 1M}} - m_{7M} g \frac{\partial y_{7M}}{\partial q_{\alpha 1M}} - m_{8M} g \frac{\partial y_{8M}}{\partial q_{\alpha 1M}};
 \end{aligned} \tag{4}$$

Згідно із третьою теоремою подібності, якщо два фізичні явища подібні та описуються однією системою рівнянь, то критерії подібності рівні між собою [6]. Такими критеріями подібності за оцінкою динаміки руху натурної стрілової системи крана-маніпулятора та її моделі є відношення відповідних членів рівнянь (3) і (4). Отож поділимо складові рівняння (3) на відповідні складові рівняння (4), прирівнявши їх між собою:

$$\begin{aligned}
 & \frac{J_{5H} \frac{d^2 \alpha}{dt_H^2} \frac{\partial \alpha}{\partial q_{\alpha 1H}}}{J_{5M} \frac{d^2 \alpha}{dt_M^2} \frac{\partial \alpha}{\partial q_{\alpha 1M}}} = \frac{m_{6H} \frac{d^2 x_{6H}}{dt_H^2} \frac{\partial x_{6H}}{\partial q_{\alpha 1H}}}{m_{6M} \frac{d^2 x_{6M}}{dt_M^2} \frac{\partial x_{6M}}{\partial q_{\alpha 1M}}} = \frac{J_{s6H} \frac{d^2 \gamma}{dt_H^2} \frac{\partial \gamma}{\partial q_{\alpha 1H}}}{J_{s6M} \frac{d^2 \gamma}{dt_M^2} \frac{\partial \gamma}{\partial q_{\alpha 1M}}} = \\
 & \frac{J_{s7H} \frac{d^2 \gamma}{dt_H^2} \frac{\partial \gamma}{\partial q_{\alpha 1H}}}{J_{s7M} \frac{d^2 \gamma}{dt_M^2} \frac{\partial \gamma}{\partial q_{\alpha 1M}}} = \frac{m_{6H} \frac{d^2 y_{6H}}{dt_H^2} \frac{\partial y_{6H}}{\partial q_{\alpha 1H}}}{m_{6M} \frac{d^2 y_{6M}}{dt_M^2} \frac{\partial y_{6M}}{\partial q_{\alpha 1M}}} = \frac{m_{7H} \frac{d^2 x_{7H}}{dt_H^2} \frac{\partial x_{7H}}{\partial q_{\alpha 1H}}}{m_{7M} \frac{d^2 x_{7M}}{dt_M^2} \frac{\partial x_{7M}}{\partial q_{\alpha 1M}}} = \\
 & \frac{m_{7H} \frac{d^2 y_{7H}}{dt_H^2} \frac{\partial y_{7H}}{\partial q_{\alpha 1H}}}{m_{7M} \frac{d^2 y_{7M}}{dt_M^2} \frac{\partial y_{7M}}{\partial q_{\alpha 1M}}} = \frac{m_{8H} \frac{d^2 x_{8H}}{dt_H^2} \frac{\partial x_{8H}}{\partial q_{\alpha 1H}}}{m_{8M} \frac{d^2 x_{8M}}{dt_M^2} \frac{\partial x_{8M}}{\partial q_{\alpha 1M}}} = \frac{m_{8H} \frac{d^2 y_{8H}}{dt_H^2} \frac{\partial y_{8H}}{\partial q_{\alpha 1H}}}{m_{8M} \frac{d^2 y_{8M}}{dt_M^2} \frac{\partial y_{8M}}{\partial q_{\alpha 1M}}} = \frac{F_{\alpha 1H}}{F_{\alpha 1M}} \\
 & = \frac{m_{5H} g \frac{\partial y_{5H}}{\partial q_{\alpha 1H}}}{m_{5M} g \frac{\partial y_{5M}}{\partial q_{\alpha 1M}}} = \frac{m_{6H} g \frac{\partial y_{6H}}{\partial q_{\alpha 1H}}}{m_{6M} g \frac{\partial y_{6M}}{\partial q_{\alpha 1M}}} = \frac{m_{7H} g \frac{\partial y_{7H}}{\partial q_{\alpha 1H}}}{m_{7M} g \frac{\partial y_{7M}}{\partial q_{\alpha 1M}}} = \frac{m_{8H} g \frac{\partial y_{8H}}{\partial q_{\alpha 1H}}}{m_{8M} g \frac{\partial y_{8M}}{\partial q_{\alpha 1M}}}.
 \end{aligned} \tag{5}$$

Використовуючи залежності (2) для отриманих співвідношень (5), отримаємо:

$$\begin{aligned}
 & \frac{J_{5M} \lambda_J \frac{d^2 \alpha}{d(t_M \cdot \lambda_t)^2} \frac{\partial \alpha}{\partial (q_{\delta 1M} \cdot \lambda_l)}}{J_{5M} \frac{d^2 \alpha}{dt_M^2} \frac{\partial \alpha}{\partial q_{\delta 1M}}} = \frac{m_{6M} \lambda_m \frac{d^2 (x_{6M} \cdot \lambda_l)}{d(t \cdot \lambda_t)^2} \frac{\partial (x_{6M} \cdot \lambda_l)}{\partial (q_{\delta 1M} \cdot \lambda_l)}}{m_{6M} \frac{d^2 x_{6M}}{dt_M^2} \frac{\partial x_{6M}}{\partial q_{\delta 1M}}} = \\
 & = \frac{J_{S6M} \lambda_J \frac{d^2 \gamma}{d(t_M \cdot \lambda_t)^2} \frac{\partial \gamma}{\partial (q_{\delta 1M} \cdot \lambda_l)}}{J_{S6M} \frac{d^2 \gamma}{dt_M^2} \frac{\partial \gamma}{\partial q_{\delta 1M}}} = \frac{J_{S7M} \lambda_J \frac{d^2 \gamma}{d(t_M \cdot \lambda_t)^2} \frac{\partial \gamma}{\partial (q_{\delta 1M} \cdot \lambda_l)}}{J_{S7M} \frac{d^2 \gamma}{dt_M^2} \frac{\partial \gamma}{\partial q_{\delta 1M}}} = \\
 & = \frac{m_{6M} \lambda_m \frac{d^2 (y_{6M} \cdot \lambda_l)}{d(t \cdot \lambda_t)^2} \frac{\partial (y_{6M} \cdot \lambda_l)}{\partial (q_{\delta 1M} \cdot \lambda_l)}}{m_{6M} \frac{d^2 y_{6M}}{dt_M^2} \frac{\partial y_{6M}}{\partial q_{\delta 1M}}} = \frac{m_{7M} \lambda_m \frac{d^2 (x_{7M} \cdot \lambda_l)}{d(t \cdot \lambda_t)^2} \frac{\partial (x_{7M} \cdot \lambda_l)}{\partial (q_{\delta 1M} \cdot \lambda_l)}}{m_{7M} \frac{d^2 x_{7M}}{dt_M^2} \frac{\partial x_{7M}}{\partial q_{\delta 1M}}} = \\
 & = \frac{m_{7M} \lambda_m \frac{d^2 (y_{7M} \cdot \lambda_l)}{d(t \cdot \lambda_t)^2} \frac{\partial (y_{7M} \cdot \lambda_l)}{\partial (q_{\delta 1M} \cdot \lambda_l)}}{m_{7M} \frac{d^2 y_{7M}}{dt_M^2} \frac{\partial y_{7M}}{\partial q_{\delta 1M}}} = \frac{m_{8M} \lambda_m \frac{d^2 (x_{8M} \cdot \lambda_l)}{d(t \cdot \lambda_t)^2} \frac{\partial (x_{8M} \cdot \lambda_l)}{\partial (q_{\delta 1M} \cdot \lambda_l)}}{m_{8M} \frac{d^2 x_{8M}}{dt_M^2} \frac{\partial x_{8M}}{\partial q_{\delta 1M}}} = \\
 & = \frac{m_{8M} \lambda_m \frac{d^2 (y_{8M} \cdot \lambda_l)}{d(t \cdot \lambda_t)^2} \frac{\partial (y_{8M} \cdot \lambda_l)}{\partial (q_{\delta 1M} \cdot \lambda_l)}}{m_{8M} \frac{d^2 y_{8M}}{dt_M^2} \frac{\partial y_{8M}}{\partial q_{\delta 1M}}} = \frac{F_{\delta 1M} \cdot \lambda_F}{F_{\delta 1M}} = \frac{m_{5M} \lambda_m g \frac{\partial (y_{5M} \cdot \lambda_l)}{\partial (q_{\delta 1M} \cdot \lambda_l)}}{m_{5M} g \frac{dy_{5M}}{dq_{\delta 1M}}} = \\
 & = \frac{m_{6M} \lambda_m g \frac{\partial (y_{6M} \cdot \lambda_l)}{\partial (q_{\delta 1M} \cdot \lambda_l)}}{m_{6M} g \frac{\partial y_{6M}}{\partial q_{\delta 1M}}} = \frac{m_{7M} \lambda_m g \frac{\partial (y_{7M} \cdot \lambda_l)}{\partial (q_{\delta 1M} \cdot \lambda_l)}}{m_{7M} g \frac{\partial y_{7M}}{\partial q_{\delta 1M}}} = \frac{m_{8M} \lambda_m g \frac{\partial (y_{8M} \cdot \lambda_l)}{\partial (q_{\delta 1M} \cdot \lambda_l)}}{m_{8M} g \frac{\partial y_{8M}}{\partial q_{\delta 1M}}}.
 \end{aligned} \tag{6}$$

Опустивши постійні коефіцієнти та знаки диференціювання та спростивши наведені залежності, отримаємо наступні співвідношення:

$$\lambda_J \cdot \frac{1}{\lambda_t^2 \cdot \lambda_l \cdot \lambda_F} = 1 \quad ; \quad \lambda_m \cdot \frac{\lambda_l}{\lambda_t^2 \cdot \lambda_F} = 1 \quad , \quad \frac{\lambda_m}{\lambda_F} = 1 \tag{7}$$

Аналогічні залежності також отримаємо й для інших рівнянь системи (1).

Визначені співвідношення коефіцієнтів подібності використовуються при постановці експерименту моделювання динаміки руху крана-маніпулятора на його фізичної моделі та слугують вихідними параметрами для створення експериментальної установки [7, 9].

Для крана-маніпулятора на рис. 1 визначено його основні параметри: маси підйомної та поворотної стріл і висувної рукояті відповідно $m_5 = 92$ кг, $m_6 = 76$ кг, $m_7 = 48$ кг; геометричні розміри підйомної та поворотної стріл і висувної рукояті відповідно $l_5 = 1800$ мм, $l_6 = 1620$ мм, $l_7 = 1800$ мм.

Виходячи із співвідношень (2), знайдемо маси складових елементів стріли експериментальної установки, якщо задамо коефіцієнт подібності по масі $\lambda_m = 12$: маса

підйомної стріли – $m_{5M} = \frac{m_{5H}}{\lambda_m} = \frac{92}{12} \approx 7,6$ кг; маса поворотної стріли –

$m_{6I} = \frac{m_{6I}}{\lambda_m} = \frac{76}{12} \approx 6,3$ кг; маса висувної рукояті – $m_{7M} = \frac{m_{7H}}{\lambda_m} = \frac{48}{12} \approx 4$ кг.

Задано коефіцієнтом геометричної подібності $\lambda_l = 1,8$ та визначимо розміри ланок стріли моделі: довжина підйомної стріли – $l_{5M} = \frac{l_{5H}}{\lambda_m} = \frac{1800}{1,8} = 1000$ мм; довжина поворотної стріли – $l_{6M} = \frac{l_{6H}}{\lambda_m} = \frac{1620}{1,8} = 900$ мм; довжина висувної рукояті – $l_{7M} = \frac{l_{7H}}{\lambda_m} = \frac{1800}{1,8} = 1000$ мм.

Із співвідношень (7) для заданих критеріїв по масі та довжині, віднайдемо невідомі коефіцієнти подібності по зусиллю, часу та моменту інерції. Відповідно будемо мати: $\lambda_F = 12$, $\lambda_t = 1,34$, $\lambda_J = 38,88$.

Критерії подібності по швидкості та прискоренню визначатимуться залежностями та матимуть наступні значення:

$$\lambda_v = \frac{\lambda_l}{\lambda_t} = \frac{1,8}{1,34} = 1,34 \quad (8)$$

$$\lambda_a = \frac{\lambda_l}{\lambda_t^2} = \frac{1,8}{1,34^2} = 1,002 \quad (9)$$

Для визначення параметрів привідних гідроциліндрів скористаємося вже знайденим коефіцієнтом $\lambda_F = 12$.

Враховуючи отримані коефіцієнти подібності, було розроблено експериментальну установку крана-маніпулятора (рис. 2), яка дозволяє проводити повноцінні експериментальні дослідження з врахуванням усіх чинних факторів, які впливають на динаміку руху стріли маніпулятора разом з вантажем.



Рисунок 2 – Експериментальна установка крана-маніпулятора

Для визначення силових, кінематичних та експлуатаційних характеристик стрілової системи крана-маніпулятора в розробленій експериментальній установці передбачено встановлення вимірювально-реєструючого обладнання. Схема розташування датчиків зображена на рис. 3.

У процесі роботи маніпулятора проводяться вимірювання значення тиску робочої рідини у напірній та зливній порожнинах привідного гідроциліндра підйому стріли, як найбільш навантаженого, та в напірній порожнині гідроциліндра приводу висувної рукояті. Для зняття показів тиску у гідросистемі експериментальної установки встановлено датчики тиску ADZ SMX-10.

Вимірювання кінематичних характеристик різних режимів руху стріли маніпулятора у даній експериментальній установці пропонується за допомогою датчиків прискорення MMA7260Q, які встановлено на штоках відповідних привідних гідроциліндрів.

Визначення навантаження в металоконструкції стріли маніпулятора виконується тензорезисторами, які складають тензометричний міст, що розміщений у найбільш напруженому місці стрілової системи.

У розглядуваній експериментальній установці також передбачено датчик кута відхилення вантажу MRB/C.

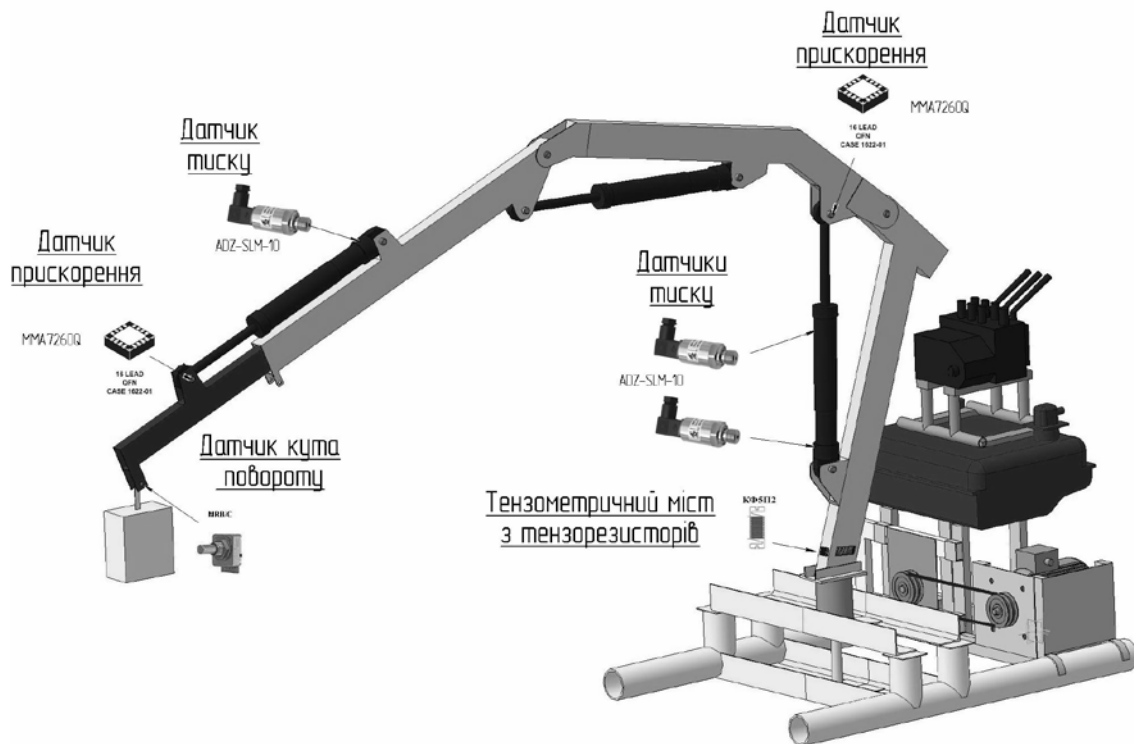


Рисунок 3 – Схема розміщення датчиків на фізичній моделі крана-маніпулятора

Система збору та аналізу даних складається з апаратної та програмної частин. Апаратна частина побудована на основі модуля АЦП ADA-1406. До аналогових входів модуля ADA-1406 підключено датчики тиску, прискорення, кута повороту та тензометричну ланку, яка підключена до модуля через підсилювач сигналу (рис. 4). До дискретних виходів даного модуля підключено дискретні входи датчиків прискорення, що передбачено їх конструкцією. Для забезпечення елементів системи електроенергією передбачено блок живлення. У свою чергу, модуль ADA-1406 з'єднано з персональним комп'ютером за допомогою USB інтерфейсу, через який здійснюється двосторонній обмін даними з персональним комп'ютером.

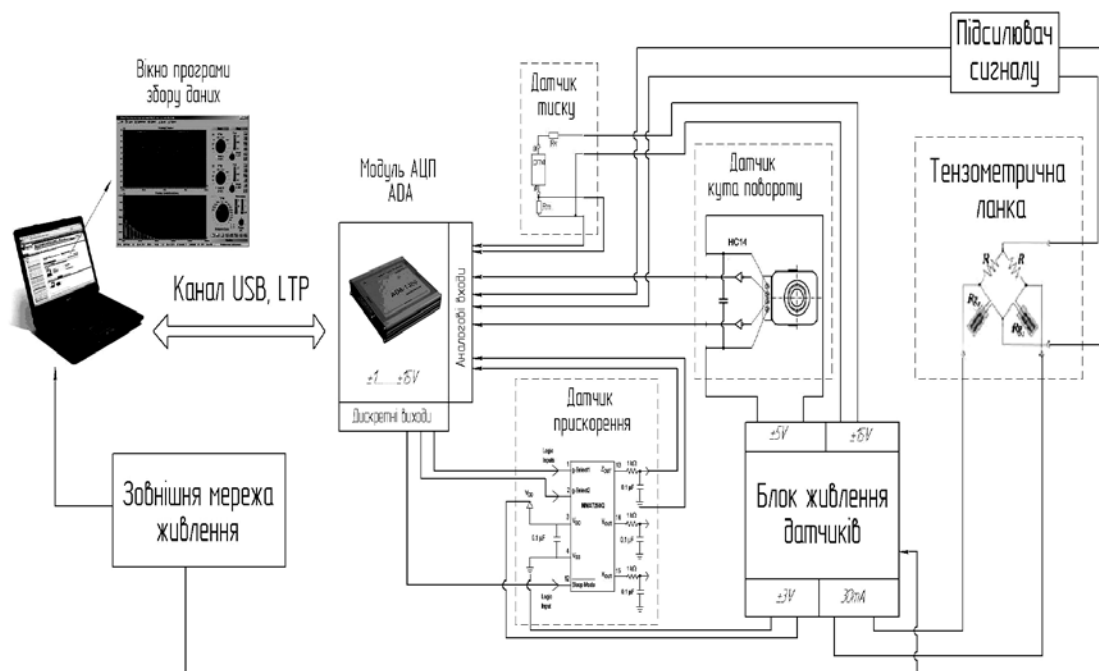


Рисунок 4 – Принципова схема підключення датчиків до системи збору даних

Висновки. Розглянуто основні принципи синтезу фізичної моделі стрілової системи крана-маніпулятора, при створенні якої використано механічну подібність. Основним рівнянням для визначення критеріїв подібності натурної стрілової системи та її моделі є рівняння руху стрілової системи під час зміни вильоту.

При визначенні коефіцієнтів подібності було виявлено, що вони набувають різних значень. Враховуючи це, одна характеристика моделі може бути меншою, ніж у натурному крані, а інша характеристика – більшою. Це свідчить про те, що при фізичному моделюванні об'єктів та явищ відсутня пряма пропорційність.

ЛІТЕРАТУРА

1. Раннев А.В., Корелин В.Ф., Жаворонков А.В. и др. / Под общ. ред. Кузина Э.Н. Строительные машины: Справочное издание. – М.: Машиностроение. 1991. – 495 с.
2. Ловейкін В.С. Математична модель динаміки зміни вильоту маніпулятора з жорсткими ланками / В.С.Ловейкін, Д.О.Міщук // Техніка будівництва – 2006. – № 19. – С. 26-29.
3. Ловейкин В.С. Динамический анализ стреловых систем кранов с горизонтальным перемещением груза при изменении вылета: дис. кандидата тех. наук : 05.05.05 / Ловейкин Вячеслав Сергеевич. – К., 1982. – 268 с.
4. Надежность технических систем: [справочник] / [Ю.К.Беляев, В.А.Богатырев, В.В.Болотин и др.]; Под ред. И.А.Ушакова. – М.: Радио и связь, 1985. – 608 с.
5. Лаврівський М.З. Проблеми розвитку маніпуляторів, як шарнірно-зчленованих механічних систем / М.З. Лаврівський, Р.В. Зінько, І.С. Лозовий // Пожежна безпека : зб. наук. праць. – Львів : Вид-во ЛДУБЖД. – 2008. – Вип. 13. – С. 58-64.
6. Ловейкін В.С. Теорія технічних систем: [навч. посібник] / В.С.Ловейкін, І.І.Назаренко, О.Г.Онищенко. – Київ, Полтава: ІЗМН-ПДТУ, 1998. – 176 с.
7. Хубка В. Теория технических систем; пер. с нем. – М.: Мир, 1987. – 208 с.
8. Григоров О.В., Ловейкін В.С. Оптимальне керування рухом механізмів вантажопідійомних машин. – Київ, 1997. – 297 с.
9. Персов Б.З. Расчет и проектирование экспериментальных установок / Б.З.Персов. – Москва, Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2006. – 348 с.

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ РОЗВИТКУ НАПРУГ У ГОЛОВЦІ КОРПУСУ ВІДРІЗНОГО РІЗЦЯ З БОКОВОЮ СХЕМОЮ РІЗАННЯ

Настасенко В.О., Бабій М.В.
ВНЗ «Херсонський державний морський інститут»
(Україна)

Актуальність, наукова новизна та практична значимість роботи. Аналіз відомих конструкцій відрізнних різців [1] показав, що найбільш прогресивними на сьогоднішній день є нові види відрізнних різців з боковою установкою звичайних трикутних та квадратних швидкозмінних непереточуваних твердосплавних ріжучих пластин (рис. 1-3) [2], у яких на вершинах бічних сторін перехідні радіуси усунені додатковою заточкою лисок або викруглень – стружкових канавок.

Дослідження міцності, жорсткості і вібростійкості для нових відрізнних різців набуває великого значення, оскільки подібні конструкції раніше не існували і не досліджувалися. Невирішеною частиною загальної проблеми залишається відсутність теоретичних основ динаміки розвитку напруг у головці корпусу різця, не вистачає математичного моделювання процесів, що відбуваються при цьому.

Метою даної роботи є математичне моделювання процесу розвитку напруг у найбільш навантаженої частині – голівці різця, для чого необхідно розглянути основні варіанти їх утворення.

Основні шляхи розв'язання поставлених задач. Розглянемо дану ситуацію у такій послідовності питань:

- 1) які сили навантажують різець?
- 2) як ці сили його навантажують?
- 3) до чого призводять напруги, що виникають від дії цих сил?

Найпростішою є відповідь на перше питання – навантажують різець і його пластину три комплекси сил:

- 1) сили, що діють на ріжучій кромці – сили різання;
- 2) сили, що діють від притискного пристрою – сили затискання;
- 3) сили, що діють від елементів кріплення різця у різцетримачі – сили закріплення.

Перші два комплекси сил обумовлені новою схемою різання за рахунок бокової установки ріжучих пластин, тому недостатньо вивчені. Для третього комплексу сил відмінності нової установки пластин та її затискання не мають великого значення, тому можуть бути враховані, як такі, що вивчені для інших видів різців [4], тому в даній роботі не розглядаються.

При відповіді на друге питання слід врахувати, що особливістю роботи усіх відрізнних різців з прямолінійною ріжучою кромкою, паралельною осі обертання деталі чи заготовки, що відрізається, є вільне різання, при якому стружка сходиться по нормалі до ріжучої кромки [4], у даному випадку – вздовж подовжньої осі головки різця, або у напрямку його робочої подачі, яка є радіальною. Тому у подальших розрахунках враховуємо 2 складові сили різання: P_z і P_y .

Однак бічні сили P_x , що діють вздовж осі обертання деталі, тобто тангенціальні, теж виникають у кутах пластини і обумовлені як величиною радіуса сполучення головної і бічних ріжучих кромки пластини, що зростає при її зносі, так і тертям по бічних оброблюваних поверхнях пазу розрізання, яке обумовлене пружними силами відновлення деформованого при різанні шару матеріалу заготовки і площиною контактуючих поверхонь, яка теж зростає при зносі пластини. Але ці сили, при сталому процесі різання, обмежені лінійного зносу кутів пластини величиною $\Delta f \leq 0,4$ мм і однакою якості оброблюваного матеріалу у всьому об'ємі заготовки, не перевищують 10% вертикальної складової сили різання P_z і більш-менш однакові по величині, тому сили P_x урівноважують одна одну [4] і їх у подальших розрахунках не враховуємо.

Силу різання P_z обумовлюють сили руйнування металу у корні стружки і частково сили тертя стружки об передню поверхню різця, в межах конусу тертя (обумовленого його коефіцієнтом $k_m = 0,15$ при відсутності адгезійного налипання стружки, нехарактерного для різання твердими сплавами, що є матеріалами пропонуванних ріжучих пластин). Оскільки ці процеси достатньо глибоко вивчені для стандартних відрізних різців [4], розрахунок P_z не викликає складності і може бути здійснений за типовими методиками [3].

Силу різання P_y обумовлюють 85% сили тертя стружки об передню поверхню різця і 100% сили пружного відновлення деформованого матеріалу заготовки. Однак ці процеси теж достатньо глибоко вивчені для стандартних відрізних різців [4], тому сила P_y теж може бути розрахована за типовими методиками [3].

Сили затискання пластин обумовлені конструктивними особливостями прихвату, геометрією і формою опорних поверхонь прихвату, пластини і гнізда різця, однак для обраної схеми [1] їх розрахунок не викликає складності і може бути здійснений за методиками [4].

Відповідь на третє питання не викликає труднощів – напруги, що виникають від дії усіх сил призводять до багатьох його деформацій, з яких найбільш важливі – пружний прогин головки різця, скручування, розкриття гнізда під пластину, руйнування головки корпусу та ін.

Вважаємо найбільш небезпечними напруги, що діють при різанні на ту поверхню гнізда, що пов'язана з вершиною пластини різця, при варіанті, коли можливе розкриття гнізда під пластину. Теоретично це може статися, коли на першій третині дугової перехідної ділянки у нижній частині гнізда концентрація напруг розтягування досягне критичного значення [4]. Вважаємо, що залежно від інтенсивності навантаження, критичні напруги розтягування при розкритті гнізда досягнуть величини $[\sigma]$ – максимально допустимої для розтягування. Для її визначення складемо диференціальне рівняння.

При постійній ширині b_2 головки державки, зміна напруг $\Delta\sigma$ на ділянці Δl у зоні поверхні гнізда, яка орієнтована до вершини різця, буде залежати від відстані l від початку цієї ділянки, до вершини гнізда, та питомих навантажень ΔN_R від нормальної складової N_R сумарних сил різання R , що діють на цю поверхню. Таким чином, функціонал F напруг становитиме рівняння:

$$\Delta\sigma = F(\Delta N_R(l + \Delta l) - \Delta N_R(l)) \leq [\sigma], \quad (1)$$

де $[\sigma]$ – максимально допустима напруга на розтягування для даного матеріалу.

Виконавши перетворення рівняння (1), отримаємо:

$$\Delta\sigma = F(\Delta N_R \Delta l) \leq [\sigma], \quad (2)$$

Перенісши Δl у ліву частину та здійснивши граничний перехід $\Delta \rightarrow 0$, отримуємо диференціальне рівняння:

$$\lim_{\Delta l \rightarrow 0} \frac{\Delta\sigma}{\Delta l} = \frac{d\sigma}{dl} = F(dN_R) \leq [\sigma] \quad (3)$$

Враховуючи, що $F(dN_R) = \frac{N_R}{l(l_2 \times b_2)}$, отримаємо:

$$\lim_{\Delta l \rightarrow 0} \frac{\Delta\sigma}{\Delta l} = \frac{d\sigma}{dl} = \frac{N_R}{l(l_2 \times b_2)} \leq [\sigma] \quad (4)$$

Зважаючи на те, що опорна площа гнізда під пластину зі сторони головки різця становить величину $(l_2 \times b_2) = S$, та здійснивши перетворення рівняння (4), отримаємо широкоживане диференціальне рівняння (5), що описує багато фізичних процесів:

$$\frac{d\sigma(l)}{dl} = \frac{N_R}{S}, \quad (5)$$

Розв'язання цього рівняння дасть шукану функцію дії напруг:

$$d\sigma\left(\frac{l}{dl}\right) = \frac{N_R}{S} \leq [\sigma], \quad (6)$$

Аналіз залежності (6) показує, що величина напруг зростає від головки до донця гнізда і головним чином залежить від нормальної складової N_R сумарних сил різання R , що діють на опорну поверхню гнізда, і зменшується з ростом площини цієї поверхні, а при фіксованій довжині пластини – залежить від її товщини S .

Оскільки ця товщина обмежена параметрами ГОСТ на пластини, то варіювання можливе тільки за рахунок нормальної складової N_R . При цьому сама сила різання R обумовлена режимами різання, які впливають на продуктивність обробки, що накладає на її варіювання певні обмеження.

Таким чином, вільним для варіювання є лише напрямок нормалі до дії сумарної сили різання R . Зміна його можлива за рахунок нахилу опорної поверхні гнізда до вершини різця і кута виконання фаски на ріжучій кромці. Однак на ці кути обмеження накладені умовами різання, оскільки кут фаски є переднім кутом різця, при від'ємній величині якого значно зростають сили різання.

Кінцева схема для розрахунку кутів φ_y установки пластини за умовами міцності показана на рис. 1.

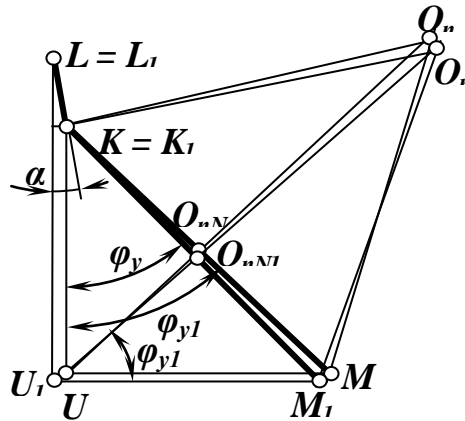


Рисунок 1 – Кінцева схема для розрахунку кутів φ_y установки пластини за умовами міцності

Висновки. Розрахунки за запропонованими залежностями дозволяють визначити сприятливий кут установки ріжучої пластини, при якому вектор концентрованої сили виходить за межі головки різця нижче точки максимальних напруг на перехідній ділянці донця гнізда, що збільшує перетин для протидії моменту сил, які відгинають головку. Таким чином, забезпечуються усі потрібні умови міцності.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бабій М.В. Еволюція канавкових та відрізних різців і перспективи їх розвитку // Вісник Хмельницького національного університету. – 2010. – № 5. – С. 120-126.
2. Патент Российской Федерации на изобретение № 2366542 Сборный отрезной резец и режущие пластины к нему. Заявка № 2007111687 от 29.03.07. Авт. изобр. Настасенко В.А., Бабий М.В. // БИ 2009. № 25 от 10.09.09.
3. Справочник инструментальщика. / И.А. Ординарцев, Г.В. Филиппов, А.Н. Шевченко и др. – Л.: Машиностроение, 1987. – 846 с.
4. Семенченко И.И., Матюшин В.М., Сахаров Г.Н. Проектирование металлорежущих инструментов. – М.: ГНТИ машиностроительной литературы, 1962. – 952 с.

ОСНОВЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ВИБРАЦИЙ, ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ РЕЗАНИИ СБОРНЫМИ ДИСКОВЫМИ ФРЕЗАМИ С БОКОВОЙ УСТАНОВКОЙ НЕПЕРЕТАЧИВАЕМЫХ ПЛАСТИН

Настасенко В.А.

Вуз «Херсонский государственный морской институт» (Украина),

Вирич В.В.

НПО «Заря-Машпроект» (Херсон, Украина)

Введение. Актуальность, научная новизна и практическая значимость работы. Работа относится к области машиностроения и металлообработки, в частности – к сборным отрезным и канавочным дисковым фрезам с механическим креплением многогранных неперетачиваемых пластин и методикам их расчета.

Важным условием для получения качественной поверхности, требуемой точности обработки и оптимальной стойкости инструмента является высокая виброустойчивость технологической системы. При ее недостаточной жесткости возникают повышенные вибрации, что ведет к повышению шероховатости и снижению точности обрабатываемой поверхности, а также к преждевременному износу инструмента, который при чрезмерно высоких вибрациях может ломаться. Вибрации также ведут к преждевременному износу, а чрезмерные – к поломке оборудования. Таким образом, их устранение является важной и актуальной задачей, от решения которой зависят качественные и экономические показатели процесса резания, в т.ч. – его производительность, поэтому решению данной задачи, для всех известных видов режущих инструментов, уделяется большое внимание.

Учитывая, что исследуемые в данной работе сборные дисковые фрезы с боковой установкой неперетачиваемых режущих пластин по патенту Украины № 91670 [1], имеют меньшую в 2 и более раз толщину корпуса фрезы, по сравнению с базовыми сборными дисковыми фрезами с радиальной установкой таких же пластин [2], это автоматически снижает их жесткость и виброустойчивость. Поэтому исследование данных вопросов составляет научную новизну выполняемой работы.

Анализ состояния проблемы и постановка задач исследования. В известных видах механической обработки возникают 2 вида колебаний: вынужденные и автоколебания (самовозбуждающиеся).

Причиной возникновения вынужденных колебаний могут быть [3]:

- а) погрешности кинематики станка;
- б) недостаточная жесткость заготовки;
- в) низкая жесткость инструмента;
- г) переменное сечение стружки;
- д) прерывистое резание;
- е) неравномерная твердость и твердые включения в заготовке, и др.

Причиной возникновения автоколебаний в технологической системе могут быть любые толчки из приведенного выше списка, выводящие ее из равновесия, а из-за колебания сил резания от изменения толщины стружки или других сопутствующих факторов автоколебания становятся незатухающими [3]. При этом на поверхности резания возникают следы от вибрации, которые, в свою очередь, её усиливают.

Однако, наряду с этими процессами, возникающие энергии вибрации рассеиваются в технологической системе и, если вибрации более не усиливаются, то возникшая сила демпфирования компенсирует энергию вибрации и наступает стабильный уровень состояния колебаний системы. Выявление таких условий является важной задачей данных исследований.

Определение сил, возбуждающих вибрации. Силы, возбуждающие вибрации фрезы, являются проекциями P_z , P_y , P_x всех составляющих силы резания P . Учитывая

новизну данной конструкции фрез [1], она является малоизученной, а т.к. толщина ее корпуса значительно уменьшена, данные расчеты имеют большое значение.

Воздействие составляющих сил резания P_z , P_y на гнездо и корпус дисковой фрезы, при работе одной ее режущей пластиной, показано на рисунке 1. Основными линиями, приведенными на схематическом изображении фрезы и режущей пластины, показано распределение напряжений в корпусе. В рамках принятых приближений, вибрационное воздействие силы резания P на фрезу новой конструкции можно определить по основной составляющей силе P_z , поскольку остальные составляющие силы резания P_x , P_y могут быть определены пропорционально ей, по ранее известным соотношениям, полученным для дисковых фрез типовых конструкций [4]. При этом основные составляющие силы резания не только повернуты относительно осей фрезы на боковой задний угол α_t , что обусловлено особенностями конструкции фрезы (рис. 2), но и действуют с одной и другой стороны фрезы через пластины и крепежные элементы их крепления, установленные на корпусе в шахматном порядке.

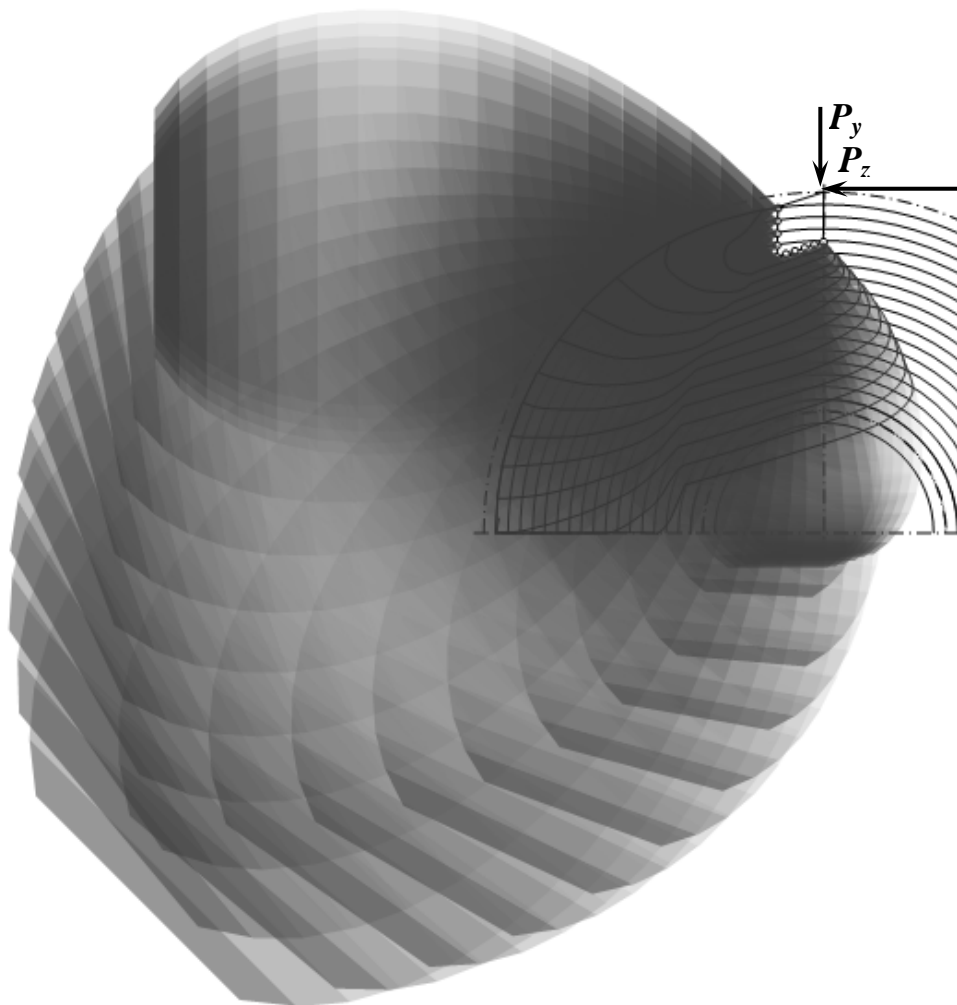


Рисунок 1 – Распределение напряжений в корпусе дисковой фрезы от составляющих P_z и P_y силы резания, при участии в резании одной режущей пластины

Силовое воздействие основной составляющей силы резания P_y показано на рисунке 2 а. Как и сила резания P_z , сила P_y распределяется по задней поверхности и основанию гнезда, но в отличие от силы P_z , сила P_y действует и на штифт, нагрузка от которого передается корпусу дисковой фрезы. В общем виде действующая сила, которая передается корпусу фрезы, стремится его деформировать, подобно общей схеме деформаций потери устойчивости при сжатии стержня переменного сечения.

Силовое воздействие основной составляющей силы резания P_x показано на рисунке 2 б. Её появление обусловлено трением боковых режущих кромок у вершины пластины о поверхность прорези при срезании стружки, усиливающееся за счет пластического сжатия обрабатываемого металла в зоне резания и последующего его восстановления, за счет упругих свойств этого же металла.

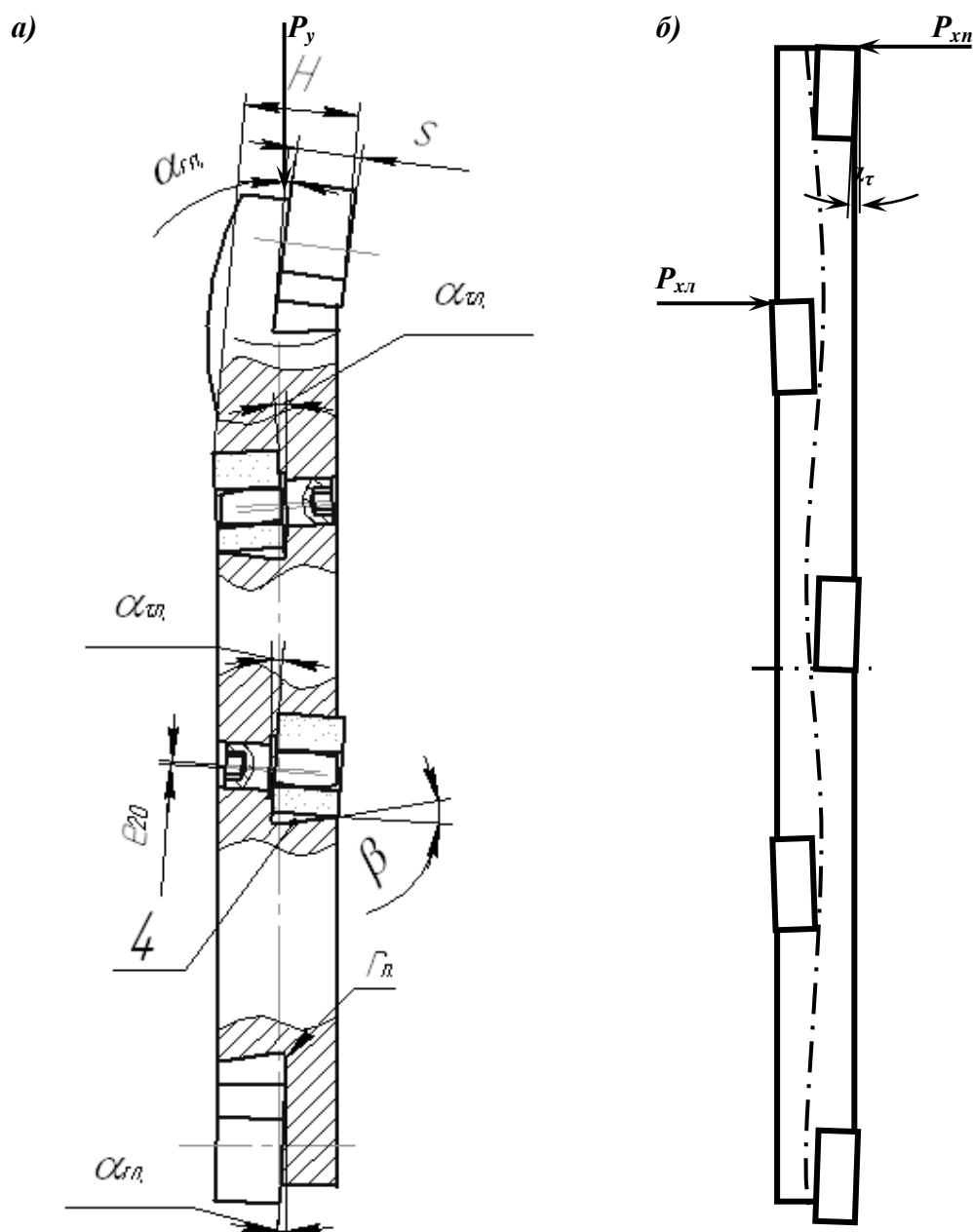


Рисунок 2 – Деформации корпуса дисковой фрезы в результате действия основных составляющих сил резания P_y и P_x .

Исходя из этих схем, во фрезе новой конструкции, как и в других дисковых фрезах, процесс возбуждения вибраций происходит следующим образом:

1) При контакте режущей пластины с заготовкой возникают силы резания, которые создают давление на крепежные элементы фрезы и на гнездо корпуса, вызывая тем самым микродеформации крепежных элементов и деформации корпуса.

2) После завершения контакта режущей пластины с заготовкой, давления от силы резания прекращаются, пластины, корпус и крепежные элементы вновь восстанавливают свою форму, что приводит к вибрациям корпуса фрезы, частота которых зависит от виброустойчивости технологической системы.

3) Следующая пластина, установленная с другой стороны, при контакте с деталью деформирует корпус в противоположном направлении. Таким образом, при участии в резании двух и более пластин, их силы, деформирующие корпус, векторно складываются, а деформации корпуса во взаимно противоположных направлениях вызывают волну, которая и является главным источником вибраций дисковой фрезы.

Следует учесть, что в направлении действия составляющей силы резания P_z фреза обладает своей максимальной жесткостью, поэтому ее прямое воздействие на появление вибраций значительно ниже действия составляющей силы P_y . Однако при фрезеровании дисковыми фрезами, соотношение сил $P_z : P_y : P_x = 1,0:(0,25-0,4):(0,1-0,2)$, а жесткость корпуса фрезы существенно растет от периферии к центру, поэтому наиболее опасными следует считать вибрации в поперечном направлении от действия сил P_x . Величина этих сил тем больше, чем меньше боковой задний угол фрезы α_t , а за счет возникающих деформаций корпуса в поперечной плоскости, его величина уменьшается до 2-х раз, что адекватно увеличивает боковые силы резания P_x и соответственно – вибрации.

Необходимо найти распределение вибрационных нагрузок от всех составляющих сил резания и распределение совокупных сил резания в таком их сочетании, при котором в процессе резания участвуют сразу несколько режущих пластин (минимум – 2), когда крепежный элемент либо корпус дисковой фрезы воспринимает нагрузки от нескольких составляющих сил резания. Для этого необходимо сложить их векторные величины и вычислить максимально возможную деформацию элемента, поскольку величина вибраций сборных конструкций дисковых фрез зависит от совокупных деформаций всех крепежных элементов системы, а их деформации, в свою очередь, зависят от совокупности всех сил, действующих на каждый крепежный элемент. При этом величина деформации прямо пропорционально зависит от величины сил, действующих на крепежный элемент, а также от величины сечения этого элемента. Таким образом, лимитирующей для дальнейших расчетов является поперечная составляющая силы резания P_x и проекции на ось Ox других составляющих сил резания P_x, P_x , которые обусловлены наличием боковых задних углов режущих пластин фрезы.

Кроме собственных колебаний дисковой фрезы новой конструкции, на процесс резания оказывают влияния также и вибрации всей технологической системы, которые зависят от многих факторов: от погрешности кинематики станка, от количества оборотов фрезы, жесткости детали и фрезы и т.д. Поскольку данные вибрации зависят от каждого отдельного случая резания и при порезке заготовок с правильно выбранными режимами они являются незначительными, поэтому они не оказывают большого влияния на процесс резания, за исключением случая, когда частота собственных вибраций дисковой фрезы входит в резонанс с колебаниями технологической системы. Это может произойти тогда, когда собственная частота колебаний инструмента равна или кратна частоте колебания технологической системы.

В нашем случае частота колебаний фрезы зависит от частоты ее вращения и от количества правых и левых режущих пластин, установленных на ее корпусе, увеличение которых увеличивает частоту колебаний дисковой фрезы за пределы собственных частот технологической системы, что при правильно выбранных режимах резания практически полностью исключает явление резонанса в процессе обработки данными фрезами. Таким образом, дальнейшей задачей данных исследований является определение этих условий.

Определение силы возбуждения вибрации. Сила, возбуждающая вибрации во фрезе, является проекцией всех составляющих силы резания на ось Ox , поскольку по остальным осям дисковая фреза имеет значительную сопротивляемость вибрациям [3]. Учитывая, что толщина дисковой фрезы новой конструкции значительно уменьшена, данный расчет имеет большое значение.

Если учесть запаздывание сил резания, из-за невозможности мгновенной передачи напряжений и деформаций, то автоколебательный процесс за время t в направлении оси

OX, в котором возникают наибольшие вибрации при фрезеровании дисковыми фрезами, можно представить в виде механической системы с одной степенью свободы [3]:

$$mx(t) + bx(t) + cx(t) = F[x(t - \delta)] \quad (1)$$

где m – приведенная эквивалентная масса, кг;

b – постоянная демпфирования, м×Гц;

c – эквивалентная жесткость системы, Н/м;

F – функция, учитывающая сопротивление срезаемого слоя, трение стружки об инструмент и трение инструмента об поверхность детали;

δ – время запаздывания или время прохода зубом фрезы одного шага, с.

Если учесть, что время резания безразмерное $\tau = \omega t$, где ω – собственная частота технологической системы, формула (1) преобразуется в зависимость (2) [3]:

$$\frac{d^2 x(\tau)}{d\tau^2} + \varepsilon \frac{dx(\tau)}{d\tau} + y(\tau) = \varepsilon f \left[\frac{dx(\tau - \delta)}{d\tau} \right] \quad (2)$$

Для определения интенсивности колебаний необходимо определить численную величину всех составляющих коэффициентов в формуле (2).

Выводы. Силовое воздействие основных составляющих сил резания P_z , P_y , P_x ведет к появлению вибраций дисковой фрезы во всех 3-х взаимно перпендикулярных направлениях, однако лимитирующей в реальных условиях резания и в дальнейших расчетах является поперечная составляющая силы резания P_x и проекции других составляющих сил резания на ось OX, зависящие от величины боковых задних углов пластин.

Предложенные в данной работе расчетные схемы и зависимости позволяют определить возникающие напряжения и нагрузки, на базе которых далее следует создать методику определения вибраций технологической системы, зависящую от выбранных режимов резания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент України на винахід № 91670. МПК В23С5/02 Збірна дискова фреза та ріжучі пластини до неї (варіанти). Заявка № 2006 03692 від 04.04.06. Власник патенту Настасенко В.О. Авт. винах. Настасенко В.О., Яремчук М.Л. // Бюлетень Патенти України, 2010, № 16 від 25.08.2010.
2. ГОСТ 28437-90 Фрезы дисковые с механическим креплением твердосплавных пластин. – М.: Стандартинформ, 2005. – 8 с.
3. Пуховский Е.С., Таурит Т.Э., Лещенко М.И. Безвибрационное многолезвийное резание. – К.: Техника, 1982. – 232 с.
4. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. Т.1. – 656 с.

ПРОБЛЕМЫ НАДЕЖНОСТИ ГРУЗОПОДЪЕМНИКОВ АВТОПОГРУЗЧИКОВ

Нефёдов И.А.

Приазовский государственный технический университет
(Мариуполь, Украина)

Вступление. Анализ литературных и практических разработок показывает, что в области изучения надежности работы автопогрузчиков достаточно много внимания уделялось исследованию рабочих сопротивлений узлов погрузчиков и динамических нагрузок в условиях эксплуатации на крытых складах, однако недостаточно изученной является проблема исследования динамических нагрузок при нестационарных режимах нагружения портовых погрузчиков грузоподъемностью 16-42 т. [1]

Актуальность исследований. Выходы из строя грузоподъемника и других узлов погрузчика возникают вследствие износа, выкрашивания, накопления усталостных повреждений и как результат – поломок при чрезмерно больших динамических нагрузках. Чем тяжелее дорожные условия, выше интенсивность погрузочно-разгрузочных операций и доля неустановившихся процессов в цикле работы, тем больше нагрузки. Поэтому актуальным является исследование нагрузок, действующих на грузоподъемник автопогрузчиков при нестационарных режимах работы морских портов.

Постановка задачи. Расчет действующих на механизм подъема автопогрузчика нагрузок с целью определения прочности, износостойкости и долговечности грузоподъемников при условиях эксплуатации в морских портах.

Результаты исследований. Для нагрузок, определяющих режим работы погрузчика или его узлов, необходимо выделить три основных фактора:

1. Закон изменения нагрузки (спектр);
2. Окружающую среду (температуру, влажность, пыль, грязь, химически активные вещества, бактерии);
3. Качество обслуживания и ремонта.

Важнейшим фактором режима работы, который положен в основу его количественной оценки, является закон изменения нагрузки.

Как свидетельствуют выявленные дефекты [2], погрузчики морских портов работают в режимах с постоянной нагрузкой, действующей без перерыва (режим работы – непрерывный). Для погрузчиков в основном характерны переменные нагрузки, режим которых является заданным, при определенном спектре нагрузки. Используя гипотезу линейного суммирования повреждений как основу для количественной оценки режима работы узлов погрузчика, в качестве критерия принимаем эквивалентную нагрузку, спектр которой можно полностью охарактеризовать коэффициентом долговечности [3]. Эквивалентная нагрузка выражается как:

$$Q_{i\delta} = \kappa_a \cdot Q_{\max} = k_{\delta\delta} \cdot k_i \cdot k_a \cdot Q_{\max} \quad (1)$$

где Q_{\max} – максимальная нагрузка;

$k_{\delta\delta}$ – коэффициент долговечности;

k_{mp} – коэффициент тренировки, учитывающий характеристику материала узла и режим изменения нагрузки;

k_s – коэффициент срока службы, учитывающий требуемую долговечность узла;

k_n – коэффициент переменности нагрузки с учетом изменения длительности ее действия.

Согласно регламентации классов нагружения машин напольного безрельсового транспорта принимаем класс нагружения – весьма тяжелый Н1. Класс использования погрузчика для максимального числа рабочих циклов – 7. Классификация погрузчика и его узлов по режиму эксплуатации – 6.

Для исследуемого автопогрузчика SMV SL16 (Швеция) используемого в морских портах Украины коэффициент долговечности равен $k_a = 1,29$.

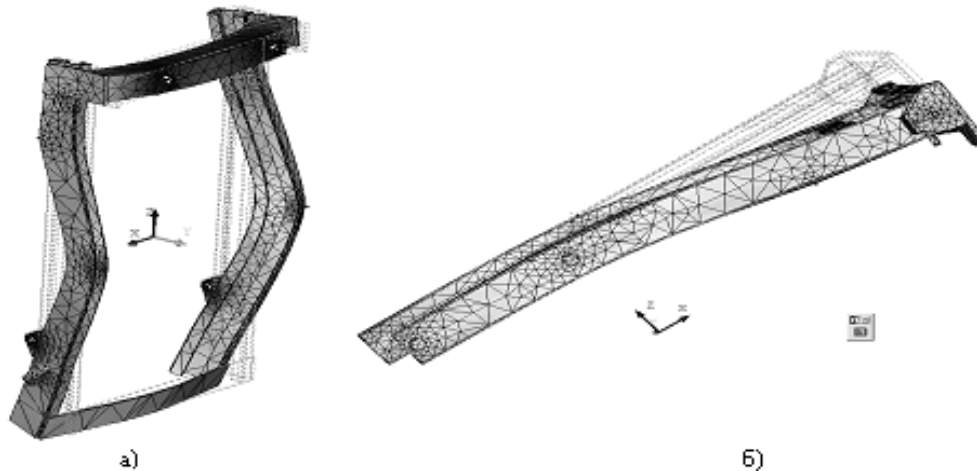


Рисунок 1 – Перемещения рам погрузчика SMV SL16 (Швеция) под влиянием переменных нагрузок при нестационарных режимах нагружения: а) деформация неподвижной рамы; б) деформация подвижной рамы

Расчёты по методу конечных элементов, проведенные с использованием программного обеспечения «Т-Flex», позволили выявить наиболее нагруженные участки рамы, которые требуют внесения конструктивных изменений. На рис. 1 представлены результаты расчета – деформации неподвижной и подвижной рам погрузчика. Расчет ориентирован на решение задачи в объемной постановке. Геометрия анализируемой детали описана тетраэдральным квадратичным десятиузловым конечным элементом. Внешние воздействия (нагрузки) приложены непосредственно к элементам твердотельной модели в масштабе 1:1 и в соответствии с действием максимального нагружения на рамы.

Выводы.

1. Исследованы нагрузки, действующие на грузоподъемник автопогрузчиков при нестационарных режимах нагружения.
2. Рассчитанный коэффициент долговечности показывает, что механизм подъема работает в весьма тяжелом режиме эксплуатации.
3. Расчеты по методу конечных элементов, проведенные с использованием программного обеспечения «Т-Flex», подтверждают, что рамы погрузчика действительно подвергаются переменным нагрузкам при нестационарных режимах нагружения, превышающих допускаемые напряжения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Погрузочно-разгрузочные машины и складское оборудование промышленных предприятий / [Под ред. Я.Л. Немец] – М.: Машиностроение, 1970. – 526 с.
2. Суглобов В.В. Исследование условий эксплуатации и причин выхода из строя фронтальных автопогрузчиков / В.В. Суглобов, В.П. Лаврик, И.А. Нефёдов // Вісник Приазовського державного технічного університету. – 2005. – № 15. – С. 101 – 104.
3. Погрузчики: Справочник / [Ефимов Г.П., Алепин Е.А., Зискинд М.А., Коковский Я.Г., Мачульский И.И.] – М.: Транспорт, 1989. – 240 с.

СПОСОБЫ УРАВНОВЕШИВАНИЯ ОСЕВЫХ И РАДИАЛЬНЫХ СИЛ В ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСАХ

Сторожев В.П., Груздев В.В.
Одесский национальный морской университет
(Украина)

Введение. Во время эксплуатации центробежных насосов на рабочие колеса действуют осевые и радиальные силы. Причиной являются несимметрия распределений давлений и скоростей потока жидкости в полостях рабочего колеса. Осевые и радиальные усилия на рабочие колеса и подшипники достигают значительных величин.

Поэтому проблема определения и уменьшения осевых и радиальных усилий является **актуальной**. На практике важным является нахождение различных способов уравновешивания или уменьшения действующих сил на рабочие колеса насосов.

Осевые и радиальные усилия, действующие на рабочие колеса центробежного насоса, зависят от многих факторов: размеров колеса, частоты вращения, давления на выходе из колеса, зазоров в уплотнениях, режимов работы насоса и достигает значительных усилий. Для уравновешивания осевой силы применяются различные мероприятия, в основном конструктивного характера.

Одним из таких способов является рабочее колесо с двойным всасыванием. При правильном выборе конструктивных характеристик при проектировании, точном изготовлении и монтаже рабочих колес и корпуса насоса практически отсутствуют осевые силы, так как имеется симметрия сил, действующих на диски рабочего колеса. Однако если зазоры между корпусом и лопастями рабочего колеса несимметричны, а зазоры в уплотнениях различные, то из-за нарушения симметрии возникают значительные осевые усилия. Возможно усовершенствование осевых усилий с помощью лабиринта на ведущем колесе диска отверстий и разгрузочной камеры. Полость от ступицы колеса до лабиринтного уплотнения соединяется отверстиями в колесе. Обычно отверстия выполняются такими, чтобы их сопротивление было мало. Если расположить лабиринт на дисках колеса на одном радиусе, то силы, действующие на диски, будут практически равны. При этом площадь отверстий должна быть больше площади лабиринта в 4-5 раз. В ряде случаев изменения осевой силы в насосах происходит при изменении скорости жидкости в пазухах рабочего колеса при помощи ребер, которые вращаются вместе с колесом либо являются неподвижными в пазухах. Скорость жидкости в зазоре между вращающимися ребрами и корпусом зависит от высоты ребер, их количества, высоты пазухи и др. Можно построить эпюру распределения давлений с ребрами и без них. Возможно также уравновешивание осевой силы с помощью разгрузочного диска. Как правило, такие схемы применяются для высоконапорных насосов.

Радиальные силы возникают из-за асимметрии потока на выходе из рабочего колеса, обусловленные принципом действия отвода перекачиваемой жидкости. Изменение давления по длине отвода в сумме дает радиальную силу, действующую на вал и подшипники насоса. Погрешности технологии изготовления, износ вала и подшипников, неточности монтажа насоса вызывают динамическую неуравновешенность вала, что приводит к появлению радиальных сил. Радиальные силы воспринимаются подшипниками качения и скольжения.

Выводы. В ряде случаев, как показывает практика эксплуатации центробежных насосов, несущая способность осевых подшипников недостаточна для восприятия радиальных сил, что приводит к ускоренному износу опорных элементов и сокращению срока службы насоса. На вал насоса действуют поперечные силы из-за нарушения круговой симметрии в распределении давлений и скоростей потока жидкости. Учет радиальных сил необходим для правильного выбора подшипников и обеспечения их нормальной работы.

ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТЕНДУ ДЛЯ ДИНАМІЧНОГО РУЙНУВАННЯ РОБОЧИХ СЕРЕДОВИЩ

Пелевін Л.Є.

Київський національний університет будівництва і архітектури (КНУБА) (Україна),
Аржаєв Г.О., Слободчиков В.В.

Миколаївський будівельний коледж КНУБА (Україна),

Салтовський Б.Г.

Чорноморський державний університет ім. Петра Могили (Миколаїв, Україна)

Вступ. Динамічне руйнування робочих середовищ є одним з ефективних методів керування швидкісним навантаженням і розвантаженням ґрунтових (гірничих) масивів у різних умовах руйнівними робочими органами і їх комбінаціями; пошуку шляхів зменшення контактних зон робочих органів з масивом; оптимізації умов проходження хвиль деформацій і напружень у масивах; створення методики розрахунків сил опору ґрунтів руйнуванню при різних видах динамічних навантажень [1].

Руйнування робочих середовищ (ґрунтів, порід, мулів тощо) найбільш ефективно при формуванні суворо орієнтованих високих швидкостей навантаження за рахунок концентрації та одночасності прикладення сил у визначених точках масиву і формування ослаблених зон за рахунок накопичення руйнівних деформацій при швидкісних багатоциклічних навантаженнях [2].

Актуальність досліджень. Розробка землерийної техніки, побудованої на принципах динамічного руйнування і хвильовій теорії ґрунтів [1], дозволили одержати техніку з питомою продуктивністю більше 20 м³/год·кВт. Так для землерийного механізованого інструменту типу ЗМІ-2А фрезерного типу для ґрунтів III-IV категорій у порівнянні з близьким аналогом – тип 903-В (фірма «Bobcat») з робочим органом ківшевого типу енергоємність процесу і металоємність машин менша відповідно в 8 і 16 разів, а продуктивність більша в 12 разів [3].

Удосконалення і розробка принципово нових робочих органів ротаційного типу з динамічним впливом на середовище не можливі без проведення стендових та натурних експериментальних досліджень за допомогою сучасного інформаційно-вимірювального забезпечення і принципів створення мехатронних систем на базі аналого-цифрових перетворювачів (АЦП) і ПЕОМ [4].

Постановка задачі. Розробити інформаційно-вимірювальне забезпечення стенду для дослідження і моделювання процесу різання робочих середовищ [5] з урахуванням гіпотези закону стадійного розвитку техніки [6] шляхом виключення із процесу добутку і обробки експериментальної інформації функції управління, яку на цей час виконує людина [7].

Результати досліджень. Стенд для дослідження і моделювання процесу різання робочих середовищ (рис. 1) складається із корпусу 1 з консольною стійкою 2, що містить шлицьову напрямну 3, в якій встановлено горизонтальний пружний елемент 4, з'єднаний із різцетримачем 5, обладнаним різцем 6. З шарніром О консолі 7 стійки 2 з'єднаний підвіс 8 з важелем 9 фізичного маятника для створення при взаємодії важеля з вільним кінцем 10 горизонтального пружного елемента 4 на робочій кромці різця 6 горизонтального зусилля різання P_1 зразка робочого середовища 11. Контейнер 12 зі зразком робочого середовища 11 встановлено на напрямних 13 відносно рами 14 механізму зміни глибини різання; контейнер 12 зі зразком робочого середовища 11 взаємодіє із вертикальним пружним елементом 15.

Бокові поверхні різця 6 (рис. 2) обладнані кронштейнами 16 з двома отворами, за допомогою яких та болтових з'єднань різець монтується на різцетримачі 5.

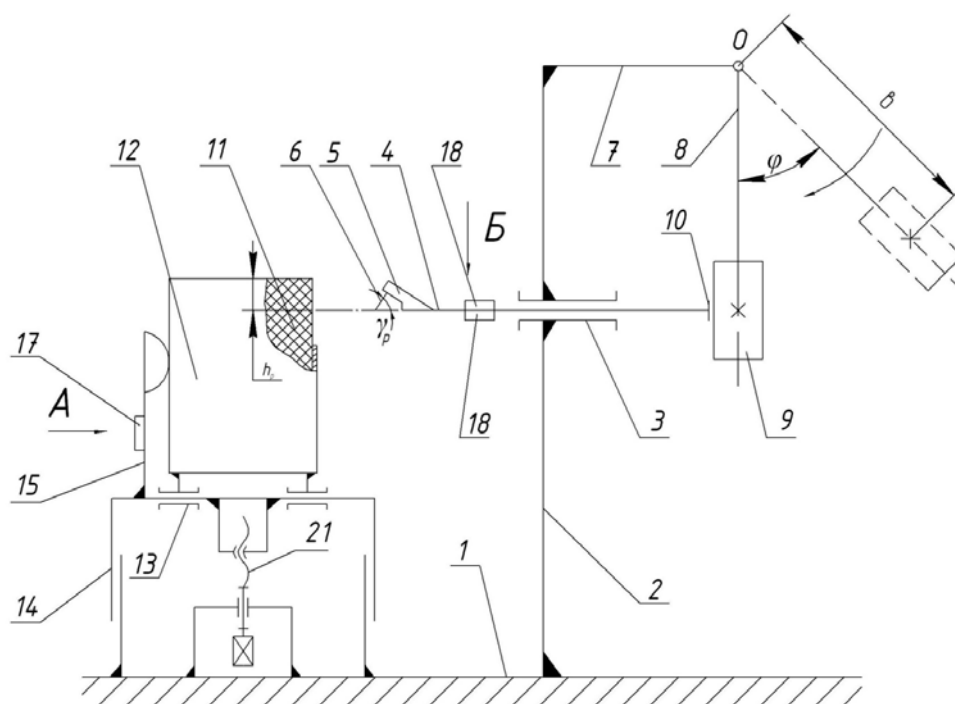


Рисунок 1 – Принципова схема стенду

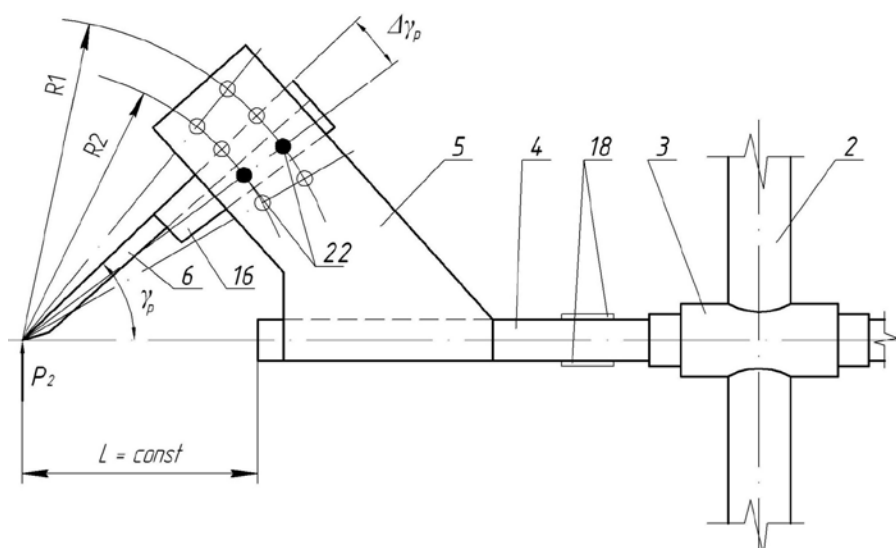


Рисунок 2 – Схема розміщення різця відносно різцетримача

На одній із поверхонь вертикального 15 і протилежних поверхнях горизонтального 4 пружних елементів розташовані паралельно один до одного перетворювачі механічних величин в електричні сигнали (ПМВЕС) – напівпровідникові тензорезистори, у першому випадку з різним знаком тензоефекту – 17, а в другому – з однаковим знаком тензоефекту – 18, які об'єднані у відповідні вимірювальні напівмости 19 і 20 (рис. 3).

Стенд працює наступним чином.

За допомогою гвинтової передачі 21 механізму зміни глибини різання, встановлюється необхідна глибина різання h_p зразка робочого середовища 11, процес різання якого різцем 6 довжиною \hat{a}_p і з кутом різання γ_p досліджується. За допомогою фізичного маятника в заключній стадії його вільного обертання відносно шарніра O на вільний кінець 11 горизонтального пружного елемента 4 прикладається горизонтальне динамічне зусилля P_1

$$P_1 = f(\varphi, \hat{a}, m),$$

де m – маса фізичного маятника; \hat{a} – довжина підвісу маятника; φ – кут обертання підвісу маятника.

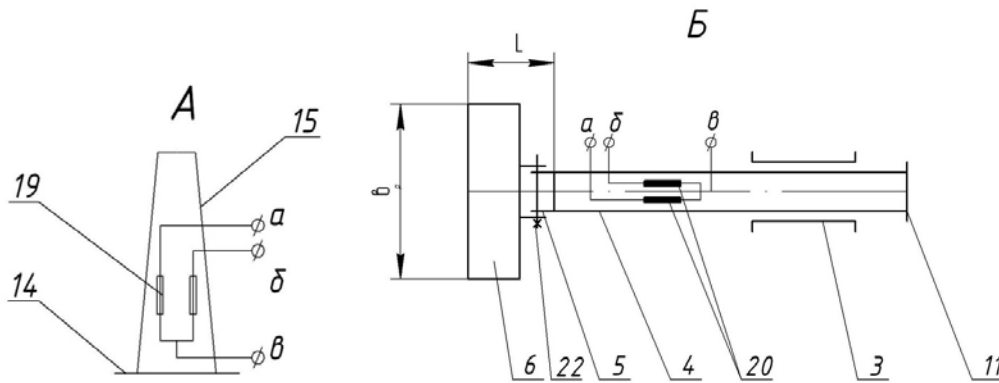


Рисунок 3 – Схеми розміщення перетворювачів механічних величин в електричні сигнали (відповідно види А і Б на рисунку 1)

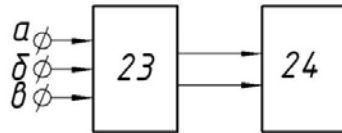


Рисунок 4 – Схема вимірювально-реєструючого каналу перетворювачів механічних величин в електричні сигнали

Під дією горизонтального динамічного зусилля P_1 різець 6 впроваджується в зразок робочого середовища 11 і здійснює його різання стружкою $\hat{a}_p \cdot h_p$. Під дією горизонтального динамічного зусилля P_1 контейнер 12 зі зразком робочого середовища 11 переміщується по напрямним 13 і взаємодіє з консоллю вертикального пружного елемента 15, примушуючи його деформуватися. Одночасно вертикальна складова P_2 зусилля різання на ріжучій кромці різця 6 примушує деформуватися горизонтальний пружний елемент 4.

При зміні кута різання γ_p на величину $\Delta\gamma_p$ бовти кріплення 22 кронштейнів 16 різця 6 встановлюють у відповідний рядок отворів на різцетримачі 5, що забезпечує постійне положення робочої кромки різця 6 відносно горизонтального пружного елемента. При деформації згину вертикального пружного елемента 15 від горизонтального зусилля P_1 один із тензорезисторів 17 буде збільшувати свій електричний опір на ΔR_1 , а інший – зменшувати на ΔR_1 . При деформації стиснення горизонтального пружного елемента 4 від горизонтального зусилля P_1 кожний із тензорезисторів 18 буде збільшувати свій електричний опір на ΔR_1 , а при деформації згину від зусилля P_2 один із тензорезисторів буде збільшувати свій електричний опір на ΔR_2 , а інший – зменшувати на ΔR_2 .

Зміна електричного опору тензорезисторів 17 і 18, що об'єднані у відповідні вимірювальні напівмости 19 і 20, вимірюється (рис. 4) за допомогою відповідного вхідного каналу електронного блоку 23 (блока живлення і балансування датчиків [8] та АЦП) і фіксується реєструючим пристроєм 24 – ПЕОМ.

У якості ПМВЕС використано кремнієві напівпровідникові тензорезистори КДТ2А і КТЭ2А за ТУ аАО.336.235, (табл. 1); технологію наклеювання і термокомпенсування вказаних тензорезисторів наведено у [9].

Таблиця 1 – Основні електричні параметри і розміри кристалу тензорезисторів КДТ2А і КТЭ2А

Марка	Тип провідності	Довжина кристалу, мм	Номинальний електричний опір – R, Ом	Коефіцієнт тензочутливості, S (не більше)	Температурний коефіцієнт, % /°C (не більше)	
					опори – ТКР	тензочутливості – ТКS
КДТ2А	p	2	100±5%	+100	+0,4	-0,4
КТЭ2А	n		90±5%	-100		

Основою електронного блоку, який призначено для забезпечення зв'язку датчиків стенду з ПЕОМ 24 типу Notebook (рис. 4), є перетворювач (АЦП-ЦАП) моделі Е14-440 [10]. Управління АЦП-ЦАП здійснюється за допомогою інтерфейсу USB, що забезпечує підключення ПЕОМ практично будь-якої моделі. Кількість каналів АЦП – 16, максимальна частота перетворювань – 400 кГц, діапазон вхідного аналогового сигналу – (0-10) В, розрядність перетворювання – 14 біт.

Висновки. Запропоновано інформаційно-вимірювальне забезпечення стенду для динамічного руйнування робочих середовищ у складі датчиків на основі напівпровідникових тензорезисторів, АЦП-ЦАП і ПЕОМ для обробки, аналізу та накопичення експериментальної інформації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Баладинский В.Л. Динамическое разрушение грунтов. – К.: КГУ, 1971. – 226 с.
2. Баладинский В.Л. Проблемы динамического разрушения грунтов в строительстве / Горн., строит., и дор. машины: Респ. межвед. науч.-техн. сб. – К.: Техника, 1976. – Вып. 22. – С. 24-27.
3. Баладинський В.Л., Абрашкевич Ю.Д. Створення швидкісної низькоенергоємної землерийної техніки // Техніка будівництва: Науковий журнал, 2000. – № 8. – С. 3-5.
4. Мехатроника / Т. Исии, И. Симояма, Х. Иноуэ и др.: Пер. с япон. – М.: Мир, 1989. – 318 с.
5. Патент України на корисну модель №48380, МПК (2006.01) G01L 5/16, G01N 3/58. Стенд для дослідження і моделювання процесу різання робочих середовищ / Аржаєв Г.О., Пелевін Л.Є., Слободчиков В.В. (Україна). – u2009 10971; Заявлено 30.10.2009; Опубл. 10.03.2010, Бюл. №5.
6. Половинкин А.И. Законы строения и развития техники. – Волгоград: ВолгПИ, 1985. – 202 с.
7. Деклараційний патент України на корисну модель №13846, МПК (2006.01). Стенд реєстрації зусиль різання / Пелевін Л.Є., Пристайло М.О., Пристайло Т.Ю. (Україна). – u2005 10393; Заявлено 03.11.2005; Опубл. 17.04.2006, Бюл. №4.
8. Пелевін Л.Є., Аржаєв Г.О., Балака М.М. Інформаційно-вимірювальне забезпечення стендових випробувань окремого колеса з пневматичною шиною // Гірн., буд. дор. та меліорат. машини: Всеукр. зб. наук. пр. – К.: КНУБА, 2007. – Вип. 70. С. 65-71.
9. Аржаєв Г.А., Никаноров Е.И., Нилов В.А., Щербинин М.И. Применение полупроводниковых тензорезисторов для исследования строительных и дорожных машин // Стр. и дор. машины, 1974. – № 8. – С. 17-19.
10. <http://www.holit.com.ua/> – Компания ХОЛИТ Дэйта Системс: измерение, контроль, диагностика, автоматизация.

ЗНИЖЕННЯ ЕНЕРГОЄМНОСТІ ТРАНШЕЙНИХ ЕСКАВАТОРІВ ШЛЯХОМ ВДОСКОНАЛЕННЯ ЗАСОБІВ ВИДАЛЕННЯ ЗРУЙНОВАНОГО ҐРУНТУ ІЗ ЗОНИ РІЗАННЯ

Пелевін Л.Є., Горбатюк Є.В.

Київський національний університет будівництва і архітектури
(Україна)

Вступ. У будівництві і суміжних галузях народного господарства (прокладання ліній комунікацій, видобування корисних копалин і будівельних матеріалів, меліоративні і військово-інженерні земляні роботи тощо) існують роботи, виконання яких традиційними машинами втрачає доцільність через їх високу енергоємність та низьку функціональність під час використання за призначенням.

Траншейні безківшові екскаватори використовуються для земляних робіт, що ведуться на відкритому просторі. Вони руйнують та виносять ґрунт на поверхню, прорізаючи в породі щілину, яку можна використати для прокладки інженерних комунікацій. Більш того, траншеєкопач робить траншею чистою, вже повністю готовою під технологічні комунікації. Ґрунт, що витягається траншеєкопачем, має однорідну за розмірами частинок структуру і може бути використаний для зворотного засипання. Траншеєкопач мінімізує обсяг матеріалу, що витягається, і пов'язані з цим енергозатрати. Траншея може бути прокладена з високою точністю, а застосування лазерних систем управління робить цю точність екстремальною.

Ці переваги забезпечують високу продуктивність і рентабельність спеціалізованих траншеєкопачів.

Застосування безківшових ланцюгових траншеєкопачів дозволяє знизити енергозатрати на розробку твердого та мерзлого ґрунтів, отримати технологічно підготовану траншею для укладки інженерних комунікацій у проектне положення як у літній, так і в зимовий періоди.

Відмінністю безківшового ланцюгового траншеєкопача є те, що виконавчий орган разом з руйнуванням мерзлого чи твердого ґрунту виконує функцію органа, який транспортує ґрунт з траншеї. Піднятий з траншеї ґрунт накопичується перед виконавчим органом на поверхні незруйнованого масиву.

По мірі проходки траншеї його необхідно видаляти з зони дії ріжучого ланцюга. Інакше він обрушується в траншею і призводить до роботи в режимі підпресування виконавчого органа при значно менших швидкостях подачі машини, ніж при вилученні зруйнованого ґрунту з зони дії ріжучого ланцюга.

У зв'язку з цим виникає необхідність застосування механізмів для вилучення ґрунту від виконавчого органа траншеєкопача – ґрунтоприбирачів.

Актуальність досліджень. Робота присвячена актуальній проблемі в галузі комунального господарства – створенню нової конкурентоспроможної вітчизняної техніки для земляних робіт. Особливо доцільним є використання такої техніки в умовах виконання траншей для інженерних комунікацій, що між іншим розуміє під собою високу технологічність та швидкість виконання поставлених задач.

Розглянута та вирішена в роботі задача створення низькоенергоємної техніки є актуальною не тільки для галузі будівельного господарства, а й має вагомі передумови для розробки нової ефективної вітчизняної техніки з енергозберігаючими властивостями взагалі.

Постановка задачі. Вимоги, що пред'являються до ґрунтоприбирачів, залежать від технологічного призначення траншеєкопача. Якщо він використовується для проходки траншеї під інженерні комунікації, то зруйнований ґрунт необхідно буртувати на такій відстані від бровки траншеї, щоб він не заважав прокладці комунікацій і в той же час міг бути використаний для засипки.

Винесений на поверхню ґрунт осипається у зазори між виконавчим органом і боковими стінками траншеї, зтягається до неї холостою гілкою ріжучого ланцюга і накопичується у нижній частині виконавчого органа між ріжуче-транспортуючими елементами. Ущільнюючись, він ускладнює доступ різців до вибою, при цьому збільшується як зусилля подачі, так і зусилля протягування ріжучого ланцюга.

Тому необхідно мінімізувати енергетичні витрати роботи ланцюгового траншеєкопача та знайти залежність роботи по транспортуванню і підйому ґрунту скребками ґрунтоприбирача, потужності, що витрачається, і енергоємності процесу транспортування ґрунту від об'єму і форми тіла волочиння розпушеного ґрунту.

Результати досліджень. Продуктивність скребкового ґрунтоприбирача може бути визначена за формулою [1]:

$$Q_{с.г} = 3600 \cdot F \cdot v_{л} \cdot \psi \cdot \gamma, \quad (1)$$

де F – площа поперечного перерізу скребка; $v_{л}$ – швидкість руху скребкового ланцюга; γ – питома вага винесеного ґрунту; ψ – коефіцієнт заповнення міжскребкового простору.

У наведеній формулі значення F та $v_{л}$ можуть бути вибрані у відповідності з розмірами та режимами роботи виконавчого органа траншеєкопача.

При проходженні траншеї шириною B , довжиною L і глибиною H об'єм відокремленого від масиву ґрунту складе:

$$V = B \cdot H \cdot L \cdot \lambda, \quad (2)$$

де H і B – відповідно глибина та ширина траншеї, яку прорізаємо; L – довжина траншеї; λ – коефіцієнт розпушення ґрунту.

Цей ґрунт укладається у призму (рис. 1) об'ємом V , з якої більша частина ґрунту переміщується скребковим ланцюгом ґрунтоприбирача:

$$V = a \cdot h_6 \cdot L, \quad (3)$$

де h_6 – висота бортів ґрунту, який знаходиться на бровках траншеї із поперечним перетином $2S$ кожного у вигляді прямокутного трикутника з основою a .

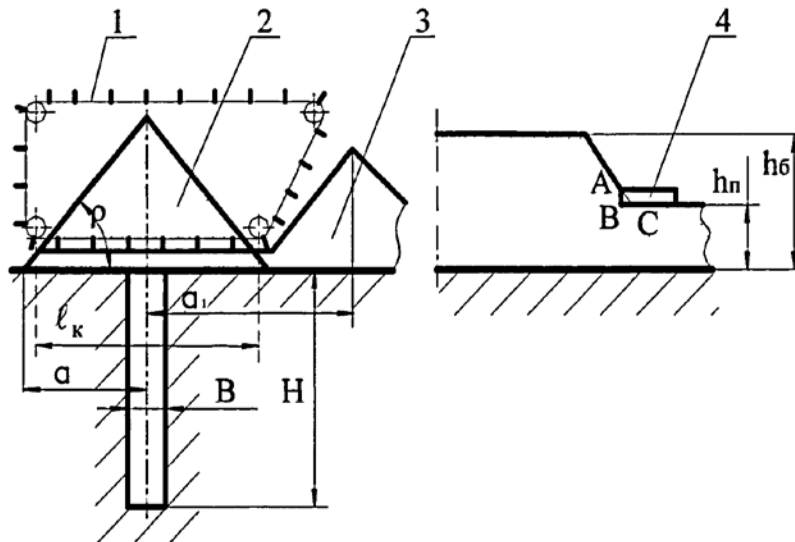


Рисунок 1 – Принципова схема скребкового ґрунтоприбирача: 1 – скребковий ланцюг; 2 – борт (трикутна призма); 3 – борт убраного ґрунту; 4 – скребок

Сумісне рішення рівнянь (2) та (3) дозволяє визначити половину основи (рис. 1) поперечного перерізу призми ґрунту:

$$a = H \cdot B \cdot \lambda / h_6.$$

Оскільки $h_6 = a \cdot \operatorname{tg} \rho$, то після підстановки його значення в останнє рівняння воно

прийме вигляд:

$$a = \sqrt{H \cdot B \cdot \lambda / \text{tgr}} . \quad (4)$$

Вийнятий із траншеї ґрунт утворює перед ґрунтоприбирачем бурт з поперечним перерізом $S_6 = a \cdot h_6$.

Мінімальне значення віддалення a_1 нижньої відхиляючої зірочки скребкового ланцюга від осі робочого органа при буртуванні ґрунту з одного боку траншеї вибирається таким чином, щоб ґрунт із бурту, що утворюється, не осипався в траншею.

Максимальне значення a_1 розраховується із умови планування ґрунту з одного боку траншеї. У цьому випадку скребковим ланцюгом переміщується верхня частина бурта ґрунту з площиною поперечного перерізу S_1 :

$$S_1 = a \cdot h_6 - h_n \cdot (2a - h_n / \text{tgr}) . \quad (5)$$

де h_6 – висота бурта; h_n – глибина траншеї, що прорізається.

У цьому випадку, ґрунт, що транспортується, укладається на довжині $(a_1 - a)$ при

$$S_1 = h_n \cdot (a_1 - a) . \quad (6)$$

З рівнянь (5) та (6) знаходимо необхідне подовження відхиляючої зірочки від осі траншеї при розрівнюванні ґрунту:

$$a_1 = \frac{a \cdot (h_6^2 - h_n^2)}{h_n \cdot h_6} . \quad (7)$$

При розташуванні вантажної ланки скребкового ґрунтоприбирача поряд з робочим органом, ґрунт, що підіймається з траншеї ріжучо-транспортуючими елементами, перекидається через його несучу ланку і формується перед нею у вигляді бурта. Тому завантаження скребкового ґрунтоприбирача відбувається за рахунок віддалення шару ґрунту скребком в основі бурта на шляху l_k :

$$l_k = 2 \cdot (a - h_n / \text{tgr}) . \quad (8)$$

Кожним скребком ґрунтоприбирача з бурта ґрунту видаляється шар ґрунту, розмір якого в основі буде дорівнювати (рис. 2):

$$S'_c = S_c + \Delta S = S_c \cdot (1 + K_s) , \quad (9)$$

де $S_c = t_c \cdot v_n / v_d$ – подача ґрунтоприбирача на скребок; v_n – швидкість подачі виконавчого органа ланцюгового траншеєкопача; $K_s = \Delta S_c / S_c$ – коефіцієнт пропорційності; ΔS_c – зміна положення нижньої кромки бурта після проходу скребка в результаті осипання ґрунту.

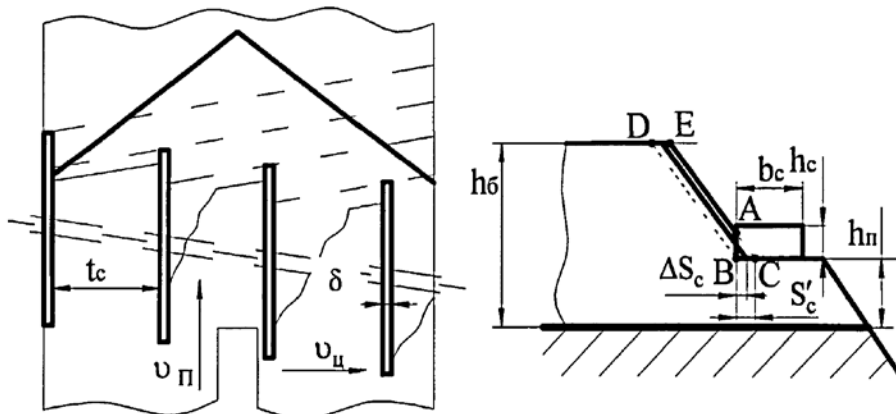


Рисунок 2 – Схема взаємодії скребка з буртом ґрунту

У дійсності основа трикутника ABC (рис. 2) шару ґрунту, що видаляється скребком, буде більше значення подачі S на величину ΔS за рахунок осипання ґрунту по

природному відкосу ґрунту після проходження попереднього скребка.

При вилученні шару ґрунту скребком у нижній частині бурта площиною (рис. 2):

$$F_1 = \frac{S_c^2 \cdot (1 + K_S)^2 \cdot \operatorname{tg} \rho}{2}, \quad (10)$$

розташований вище скребка в бурті ґрунт у вигляді трапеції DEAB має середню площину поперечного перерізу за напрямком руху скребкового ланцюга:

$$F_2 = S_c \cdot (1 + K_S) \cdot (h_4 - h_1) / 2 - S_c^2 \cdot (1 - K_S)^2 \cdot \operatorname{tg} \rho, \quad (11)$$

яка після осипання ґрунту перерозподілиться та може бути виражена

$$F_2 = K_S \cdot S_c \cdot (h_4 - h_1) / 2. \quad (12)$$

Прирівнюємо праві частини рівнянь (11) та (12). Після перетворення отримуємо рівняння, рішенням якого буде:

$$F_2 = K_S \cdot S_c \cdot (h_4 - h_1) / 2. \quad (13)$$

По довжині l_k контакту скребкового ланцюга з буртом ґрунту міжскребкові простори будуть нерівномірно заповнені ґрунтом. Якщо останній перед виходом із контакту з буртом ґрунту на шляху l_k скребок переміщує максимальну для заданого режиму роботи скребкового ланцюга кількість ґрунту, то скребок, який тільки входить у контакт з буртом ґрунту, практично не переміщує його.

Далі після деяких математичних обчислень визначені об'єми ґрунту, що переміщуються скребковим ланцюгом зі скребками різних типів: прямі, сегментні, Г-подібні.

Коефіцієнт заповнення міжскребкового простору визначиться як відношення дійсного значення об'єму ґрунту, що знаходиться між скребками, до об'єму між скребками, визначеного теоретично. Отримаємо вирази для визначення коефіцієнта заповнення міжскребкового простору (з урахуванням того, що ґрунт не виходить за межі скребка на шляху l_k):

1) для ланцюга з прямими скребками:

$$\Psi_{c.n} = \frac{v_{\Pi}^2 \cdot t_c \cdot (1 + K_S)^2}{4 \cdot v_{\Pi} \cdot b_c \cdot h_c} \times \frac{(l_k^2 + l_k \cdot t_c - 2 \cdot t_c^2) \cdot \operatorname{tg} \rho}{l_k - \delta \cdot (l_k / t_c - 1)}. \quad (14)$$

2) для ланцюга із сегментними скребками:

$$\Psi_{c.n} = \frac{3 \cdot v_{\Pi}^2 \cdot t_c \cdot b_c \cdot (1 + K_S)^2}{12 \cdot v_{\Pi} \cdot t_c \cdot b_c^2 \cdot h_c} \times \frac{(l_k^2 + l_k \cdot t_c - 2 \cdot t_c^2) \cdot \operatorname{tg} \rho}{l_k - \delta \cdot (l_k / t_c - 1)} + \frac{4 \cdot v_{\Pi} \cdot b_c^2 \cdot h_{ст} \cdot l_k + 6 \cdot v_{\Pi} \cdot h_{ст}^2 \cdot l_k}{12 \cdot v_{\Pi} \cdot t_c \cdot b_c^2 \cdot h_c \cdot [l_k - \delta \cdot (l_k / t_c - 1)]}; \quad (15)$$

3) для ланцюга з Г-подібними скребками:

$$\Psi_{c.n} = \frac{v_{\Pi}^2 \cdot t_c \cdot (1 + K_S)^2}{4 \cdot v_{\Pi} \cdot b_c \cdot h_c} \times \frac{(l_k^2 + l_k \cdot t_c - 2 \cdot t_c^2) \cdot \operatorname{tg} \rho}{l_k \cdot t_c - \delta \cdot l_k - t_c} + \frac{4 \cdot b_c \cdot h_c \cdot l_{\Gamma} \cdot v_{\Pi} \cdot l_k}{4 \cdot v_{\Pi} \cdot b_c \cdot h_c \cdot (l_k \cdot t_c - \delta \cdot l_k - t_c)}. \quad (16)$$

Для прямих скребків з різною шириною b_c підраховані значення коефіцієнта заповнення ψ : для скребка з $b_c = 240$ мм – $\psi = 0,11$; для скребка з $b_c = 300$ мм – $\psi = 0,14$; для скребка з $b_c = 360$ мм – $\psi = 0,21$.

З отриманих залежностей випливає, що коефіцієнт заповнення міжскребкового простору залежить від геометричних розмірів скребків, кроку розстановки скребків на ланцюгу, фізико-механічних властивостей ґрунту, що транспортується, та швидкостей подачі та руху скребкового ланцюга.

Важливою особливістю роботи скребкових ґрунтоприбирачів є те, що ґрунт безпосередньо не потрапляє на скребковий ланцюг, а більша частина його укладається попереду і за процес роботи його робочий орган наче надходить на ґрунт, який утворює трикутну призму. Переміщення тіла волочіння відбувається по ґрунту, винесеному попередньо.

Режим роботи скребкового ґрунтоприбирача визначається його конструктивними (ширина скребка – b_c , висота скребка – h_c , товщина скребка – t_c , форма скребка) та кінематичними (швидкість подачі виконавчого органа ланцюгового траншеєкопача – $v_{п}$, швидкість руху скребкового ланцюга – $v_{л}$) параметрами.

Під час руху (рис. 3) скребок зсуває шар ґрунту з бурта 3, а перед скребком 2 утворюється ядро ущільнення, яке є тілом волочіння 1.

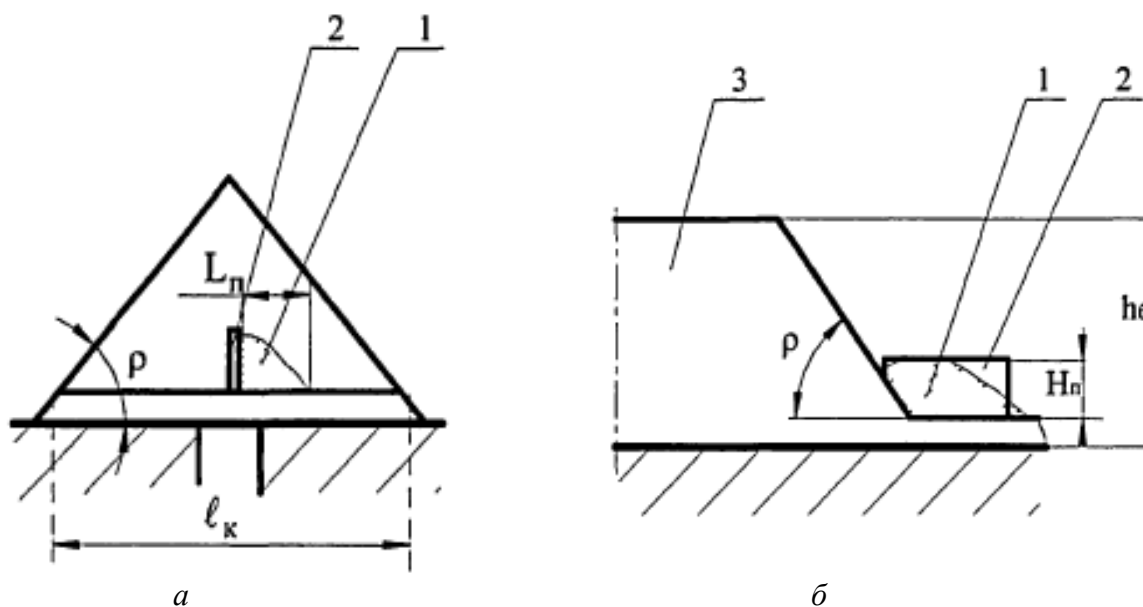


Рисунок 3 – Схема утворення тіла волочіння

За вибраних конструктивних параметрів скребкового ланцюга і заданої швидкості подачі машини, задача вибору раціонального режиму роботи скребкового ґрунтоприбирача зводиться до визначення мінімально можливого значення $v_{л\min}$, за яким на шляху руху скребка l_k утворюється максимально можливе тіло волочіння, і ґрунт не буде виходити за межі скребка.

Тіло волочіння, що утворюється перед скребком, є трикутна піраміда (рис. 4), об'єм якої можна визначити з виразу:

$$V_{т.в} = \frac{b_c \cdot l_{т.в} \cdot h_{т.в}}{4}, \quad (17)$$

де $l_{т.в}$ та $h_{т.в}$ – довжина і висота тіла волочіння.

При цьому, виходячи з того, що тіло волочіння не повинно виходити за межі скребка, необхідно виконувати умову:

$$\begin{cases} l_{т.в} \leq b_c \cdot \operatorname{tg} \beta, \\ h_{т.в} \leq h_c. \end{cases} \quad (18)$$

Кут α (рис. 4) більше кута природного відкосу ґрунту ρ' за рахунок ущільнення ґрунту, і для суглинку складає 320.

Підставивши значення $l_{т.в}$ та $h_{т.в}$ із останнього виразу в рівняння (17), отримуємо:

$$V_{т.в} = \frac{b_c^2 \cdot h_c \cdot \operatorname{tg} \beta}{4}. \quad (19)$$

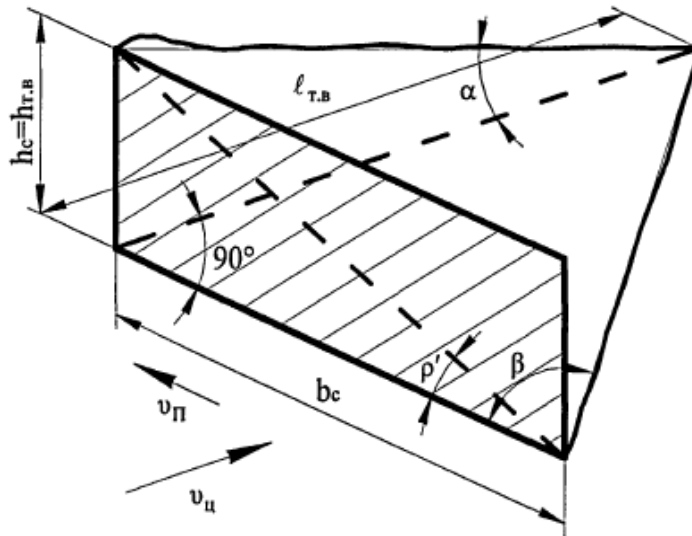


Рисунок 4 – Тіло волочиння скребкового ґрунтоприбирача

У цей же час об'єм ґрунту, що переміщується скребком на шляху l_k , може бути виражений залежністю:

$$V_{т.в} = \frac{S_c^2 \cdot (1 + K_s)^2 \cdot \text{tg} \rho \cdot l_k}{2}, \quad (20)$$

де $S_c = t_c \cdot v_{п} / v_{ц}$ – подача ґрунтоприбирачем ґрунту на скребок; $K_s = \Delta S_c / S_c$ – коефіцієнт пропорційності; ΔS_c – зміна положення нижньої кромки бурта після проходу скребка в результаті осипання ґрунту.

Коефіцієнт пропорційності K_s дорівнює:

$$K_s = \sqrt{\frac{h_6 - h_{п}}{S_c \cdot \text{tg} \rho}} - 1, \quad (21)$$

де h_6 – висота бурта ґрунту; $h_{п}$ – глибина траншеї, що прорізається.

Вирішуючи сумісно рівняння (19) і (20), знаходимо:

$$S_c = \frac{b_c}{1 + K_s} \cdot \sqrt{\frac{h_c \cdot \text{tg} \beta}{2 \cdot l_k \cdot \text{tg} \rho}}.$$

Замінімо в останньому рівнянні K_s його значенням з виразу (21) та після піднесення в квадрат обох частин рівняння і відповідних перетворень отримаємо:

$$S_c = b_c \cdot \sqrt{\frac{v_{п} \cdot t_c \cdot h_c \cdot \text{tg} \beta}{2 \cdot v_{ц} \cdot l_k \cdot (h_6 - h_{п})}}. \quad (22)$$

Після підстановки в рівняння (22) значення S_c з виразу (9), піднесення в квадрат обох частин рівняння і відповідних перетворень, отримаємо:

$$v_{п} = \frac{2 \cdot v_{ц} \cdot t_c \cdot l_k \cdot (h_6 - h_{п})}{b_c^2 \cdot h_c \cdot \text{tg} \beta}. \quad (23)$$

У виразі (23):

$$l_k = (h_6 - h_{п}) = 2 \cdot S_{пр},$$

де $S_{пр}$ – площа поперечного перерізу призми ґрунту, що прибирається ґрунтоприбирачем від траншеї.

Відповідно, можна записати:

$$v_{\pi} = \frac{4 \cdot v_{\pi} \cdot t_c \cdot S_{\text{сп}}}{b_c^2 \cdot h_c \cdot \text{tg}\beta} = \frac{4 \cdot v_{\pi} \cdot t_c \cdot S_{\text{сп}}}{b_c^3 \cdot \text{tg}\beta \cdot \text{tg}\rho'} \quad (24)$$

Таким чином, при відомих параметрах траншеї; фізико-механічних властивостей ґрунту, який розробляється; швидкості переміщення безківшового ланцюгового траншеєкопача можна, задаючись розмірами скребка та кроком розташування його на ланцюгу, визначити необхідну швидкість руху скребкового ланцюга. Або за тих же самих умов, задаючись швидкістю руху ланцюга та кроком розташування скребоків, можна визначити їх розміри.

Під час руху скребок зсуває шар ґрунту з бурта, а перед скребок утворюється ядро ущільнення, яке є тілом волочіння.

Була складена схема зусиль, що діють на скребок (рис. 5). Внаслідок опору переміщенню ґрунту по ґрунтовому ліжку скребок відхиляється від вертикального положення на кут ε , залежність величини якого від висоти скребка h і натягу ланцюга S в даній точці конвеєра визначається з умови рівноваги сил, діючих на скребок і ближні ланки скребкового ланцюга [4]. З урахуванням приведеного вище значення коефіцієнта заповнення міжскребкового простору зусилля опору переміщенню ґрунту K прикладено до скребка на відстані $0,6h$.

З умови рівноваги сипкого середовища горизонтальна складова сили опору переміщенню ґрунту масою G , що діє на скребок, визначається:

$$P = K \cdot \cos \varepsilon = \frac{0,6 \cdot h \cdot f^3}{a^2 \cdot t \cdot S} \times \left(G + Q - P_y + \frac{F_{\text{тр}}}{f} - W \cdot \cos \varepsilon \right)^2 + f \cdot \left(G + Q - P_y + \frac{F_{\text{тр}}}{f} - W \cdot \cos \varepsilon \right), \quad (25)$$

де G – маса ґрунту в міжскребковому просторі; Q – маса скребка з ближніми ланками; $P_y = S_y + S_{1y}$ – вертикальна складова сили натягу ланок ланцюга (рис. 5); $F_{\text{тр}}$ – сила тертя тіла волочіння о бічну сторону і основу призми винесеного ґрунту; W – реакція ґрунту, який виноситься, на взаємодію з матеріалом скребка, $W = \mu \cdot Q \cdot \cos \varepsilon$; a – кутовий коефіцієнт зусилля K , $a = \cos \varepsilon - f \cdot \sin \varepsilon$; f – коефіцієнт тертя ґрунту по ґрунту; μ – коефіцієнт тертя ґрунту по матеріалу скребка; t – крок розставлення скребоків на ланцюгу.

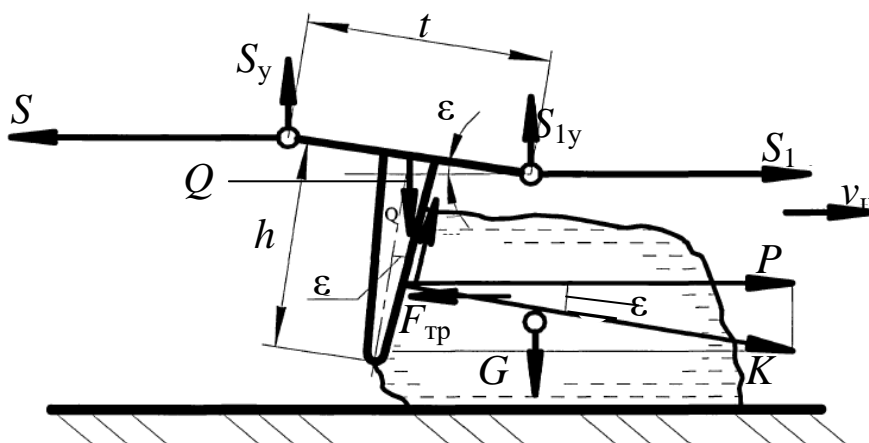


Рисунок 5 – Схема зусиль, що діють на скребок

Транспортування ґрунту скребковим ґрунтоприбирачем складається з робіт, що витрачаються на подолання сил тертя переміщуваного ґрунту по ґрунту та нижньої і торцевої поверхонь скребка по ґрунту; на підйом ґрунту при його буртуванні

грунтоприбирачем.

Відстань переміщення частинок ґрунту, що потрапили у міжскребковий простір на початку шляху l_k і в кінці його, буде різною. Якщо частинки ґрунту, захоплені скребком на початку його контакту з буртом, проходять максимальний шлях l_k , то частинки, що поступили в міжскребковий простір перед виходом скребка із контакту з буртом ґрунту, переміщуються на мінімальну відстань. У середньому ґрунт об'ємом $V_{т.в}$ під час завантаження міжскребкових просторів проходить шлях $\frac{l_k}{2}$.

Під час розвантаження скребкового ланцюга від ґрунту як при його плануванні, так і при буртуванні, велика частина об'єму $V_{т.в}$ переміщується на меншу відстань, а менша частина – на більшу. У середньому ж весь об'єм ґрунту при розвантаженні проходить шлях, який дорівнює половині загальної відстані розвантаження.

У зв'язку з вищевикладеним, робота, що витрачається на подолання сили тертя ґрунту по ґрунту на шляху завантаження і розвантаження скребкового ланцюга (рис. 1, 6), складе:

- при плануванні ґрунту:

$$A_1 = V_{т.в} \cdot \gamma \cdot \mu \cdot \left(\frac{l_k + 2 \cdot a_1}{4} \right);$$

- при буртуванні ґрунту:

$$A_1' = V_{т.в} \cdot \gamma \cdot \mu \cdot \left(\frac{h_{\delta 1} - h_{\pi}}{2 \cdot \operatorname{tg} \rho} \right),$$

де γ – питома вага вилученого ґрунту; a_1 – відстань відхиляючої зірочки скребкового ланцюга від осі робочого органа при буртуванні ґрунту (рис. 3); ρ – кут природнього відкосу ґрунту; h_{δ} – висота бурта ґрунту (рис. 6); h_{π} – висота ґрунтової основи (рис. 6).

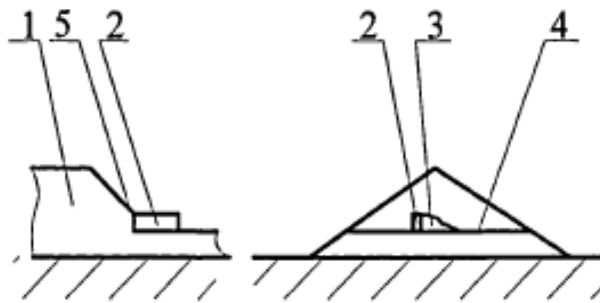


Рисунок 6 – Робота скребкового ґрунтоприбирача: 1 – ґрунт (вилучений робочим органом барової машини); 2 – скребок (робочий орган ґрунтоприбирача); 3 – об'єм тіла волочіння (що переміщується скребком); 4 – ґрунтова основа; 5 – вертикальне ліжко (утворене ґрунтом) кутового жолоба

Робота, що витрачається на подолання сили тертя скребкового ланцюга по ґрунту, визначається з виразів:

- при плануванні ґрунту

$$A_2 = q_{\pi} \cdot \mu \cdot \frac{(l_k + 2 \cdot a_1)^2}{8};$$

- при буртуванні ґрунту

$$A_1' = q_{\pi} \cdot \mu \cdot \frac{[l_k + (h_{\delta 1} - h_{\pi}) \cdot \sin \rho]^2}{2},$$

де q_{π} – погонна вага скребкового ланцюга.

Сила впровадження торців скребків у бурт ґрунту при заданій швидкості подачі ґрунтоприбирача може бути знайдена з виразу:

$$P_{\text{вп.с}} = \delta \cdot S_c \cdot \text{tg} \rho \cdot K \cdot (m_c + 1),$$

де δ – товщина скребка; S_c – подача ґрунтоприбирача на скребок; m_c – коефіцієнт збільшення перерізу траншеї перед кулачками ланцюга за рахунок простору між ними.

А сила тертя торців скребків по ґрунту:

$$P_{\text{тр.с}} = P_{\text{вп.с}} \cdot \mu.$$

Тоді вираз для визначення роботи, що витрачається на подолання сили тертя торців скребків по ґрунту як при плануванні, так і при буртуванні матиме вигляд:

$$A_3 = \delta \cdot S_c \cdot \text{tg} \rho \cdot K \cdot (m_c + 1) \cdot \mu \cdot \frac{l_k}{2}.$$

Робота, що витрачається на підйом ґрунту при його буртуванні, може бути знайдена з виразу:

$$A_4 = V_{\text{т.в}} \cdot \gamma \cdot \frac{(h_{\text{б1}} - h_{\text{п}})}{2}.$$

Загальна робота, що витрачається на транспортування ґрунту:

- при плануванні

$$A_{\text{тр}} = A_1 + A_2 + A_3 = V_{\text{т.в}} \cdot \gamma \cdot \mu \cdot \left(\frac{l_k + 2 \cdot a_1}{4} \right) + q_{\text{ц}} \cdot \mu \cdot \frac{(l_k + 2 \cdot a_1)^2}{8} + \delta \cdot S_c \cdot \text{tg} \rho \cdot K \cdot (m_c + 1) \cdot \mu \cdot \frac{l_k}{2}; \quad (26)$$

- при буртуванні

$$A_{\text{тр}} = A_1' + A_2' + A_3 + A_4 = V_{\text{т.в}} \cdot \gamma \cdot \frac{(h_{\text{б1}} - h_{\text{п}})(\mu + \text{tg} \rho)}{2 \cdot \text{tg} \rho} + q_{\text{ц}} \cdot \mu \cdot \frac{[l_k + (h_{\text{б1}} - h_{\text{п}}) \cdot \sin \rho]^2}{2} + \delta \cdot S_c \cdot \text{tg} \rho \cdot K \cdot (m_c + 1) \cdot \mu \cdot \frac{l_k}{2}. \quad (27)$$

Тоді потужність, що витрачається на транспортування ґрунту скребковим ґрунтоприбирачем (кВт), може бути знайдена з виразів:

- при плануванні

$$N_{\text{тр}} = \frac{V_{\text{т.в}} \cdot \gamma \cdot \mu \cdot (l_k + 2 \cdot a_1)}{408} + \frac{q_{\text{ц}} \cdot \mu \cdot (l_k + 2 \cdot a_1)^2}{816} + \frac{\delta \cdot S_c \cdot \text{tg} \rho \cdot K \cdot (m_c + 1) \cdot \mu \cdot l_k}{204}; \quad (28)$$

- при буртуванні

$$N_{\text{тр}} = \frac{V_{\text{т.в}} \cdot \gamma \cdot (h_{\text{б1}} - h_{\text{п}})(\mu + \text{tg} \rho)}{204 \cdot \text{tg} \rho} + \frac{q_{\text{ц}} \cdot \mu \cdot [l_k + (h_{\text{б1}} - h_{\text{п}}) \cdot \sin \rho]^2}{204} + \frac{\delta \cdot S_c \cdot \text{tg} \rho \cdot K \cdot (m_c + 1) \cdot \mu \cdot l_k}{204}. \quad (29)$$

Енергоємність процесу транспортування ґрунту скребковим ґрунтоприбирачем (кВт·год/м³) визначається з виразів:

- при плануванні

$$E_{\text{тп}} = \frac{3600 \cdot N_{\text{тп}}}{V_{\text{т.в}}} = 8,22 \cdot \gamma \cdot \mu \cdot (l_{\text{к}} + 2 \cdot a_1) +$$

$$+ \frac{4,41 \cdot q_{\text{ц}} \cdot \mu \cdot (l_{\text{к}} + 2 \cdot a_1)^2}{V_{\text{т.в}}} +$$

$$+ \frac{17,64 \cdot \delta \cdot S_{\text{с}} \cdot \text{tg} \rho \cdot K \cdot (m_{\text{с}} + 1) \cdot \mu \cdot l_{\text{к}}}{V_{\text{т.в}}}, \quad (30)$$

- при буртуванні

$$E_{\text{тп}} = \frac{17,64 \cdot \gamma \cdot (h_{\text{б1}} - h_{\text{п}}) (\mu + \text{tg} \rho)}{\text{tg} \rho} +$$

$$+ \frac{17,64 \cdot q_{\text{ц}} \cdot \mu \cdot [l_{\text{к}} + (h_{\text{б1}} - h_{\text{п}}) \cdot \sin \rho]^2}{V_{\text{т.в}}} +$$

$$+ \frac{17,64 \cdot \delta \cdot S_{\text{с}} \cdot \text{tg} \rho \cdot K \cdot (m_{\text{с}} + 1) \cdot \mu \cdot l_{\text{к}}}{V_{\text{т.в}}}. \quad (31)$$

Висновки. Таким чином, при відомих параметрах траншеї, фізико-механічних властивостей ґрунту (який розроблюється), швидкості переміщення безквішного ланцюгового траншеєкопача можна, задаючись розмірами скребка та кроком його розташування на ланцюгу, визначити необхідну залежність роботи по транспортуванню і підйому ґрунту скребками ґрунтоприбирача, потужності, що витрачається, і енергоємності процесу транспортування ґрунту від об'єму і форми тіла волочиння розпушеного ґрунту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Спиваковский А.О., Дьячков В.К. Транспортирующие машины. – М.: Машиностроение, 1968. – 504 с.
2. А.с. 1089207 СССР, Кл. 2 E02F5/06. Режущий орган траншекопателя. Опубл. 30.04.84, Бюл. № 16. – 2 с.
3. А.с. 985196 СССР, М. Кл.2 E02F3/08. Рабочий орган траншекопателя. Опубл. 30.12.82, Бюл. № 48. – 4 с.
4. Вартанов С.Х. Определение сопротивлений перемещению ґрунта скребковым конвейером траншейного экскаватора / С.Х.Вартанов, Б.А.Пустотин. – М., 1985. – 10 с.
5. Горбатюк Є.В., Комоцька С.Ю. Визначення режимів роботи скребкового ґрунтоприбирача // Гірн., буд., дор. та меліорат. машини: Всеукр. збірник наукових праць, – К.: КНУБА, 2008. – Вип. 72 – С. 74-77.

ОСОБЛИВОСТІ МОНТАЖУ МУФТ З ТОРЦЕВОЮ УСТАНОВКОЮ ПРЯМИХ КАНАТІВ

Проценко В.О.

ВНЗ «Херсонський державний морський інститут»
(Україна)

Вступ. Підвищення ремонтпридатності приводів машин, скорочення витрат часу, людських та матеріальних ресурсів сприяє підвищенню економічності їх роботи, і тому є *актуальним і важливим* завданням для всіх галузей сучасного машинобудування.

Постановка задачі. Муфти з торцевою установкою прямих канатів (рис. 1) характеризуються високою кутовою компенсацією в порівнянні з іншими типами муфт, наприклад МПВП та муфтами з пружними дисками. Вони не потребують виготовлення спеціальних пружних елементів, оскільки в якості них можуть бути використані відрізки відбракованих сталевих канатів. Вказані муфти є новими, і рекомендацій щодо їх експлуатації на сьогодні не створено. *Задачею даної роботи* є обґрунтування особливостей монтажу муфт з торцевою установкою прямих канатів.

Розв'язання поставленої задачі. Розглянемо схему муфти з торцевою установкою прямих канатів при роботі в умовах радіальної неспіввісності (рис. 1). При поєднанні муфтою валів в умовах наявності радіальної неспіввісності Δ_r , матиме місце циклічне навантаження валів. При цьому виникатимуть радіальні пружні сили [1], від деформації (розтягнення і стиску) канатів, та моменти M_{32} від їх згину. Для запобігання зниження втомної міцності поєднаних валів та довговічності опорних підшипників, вказані сили слід зменшувати за рахунок правильного монтажу муфт.

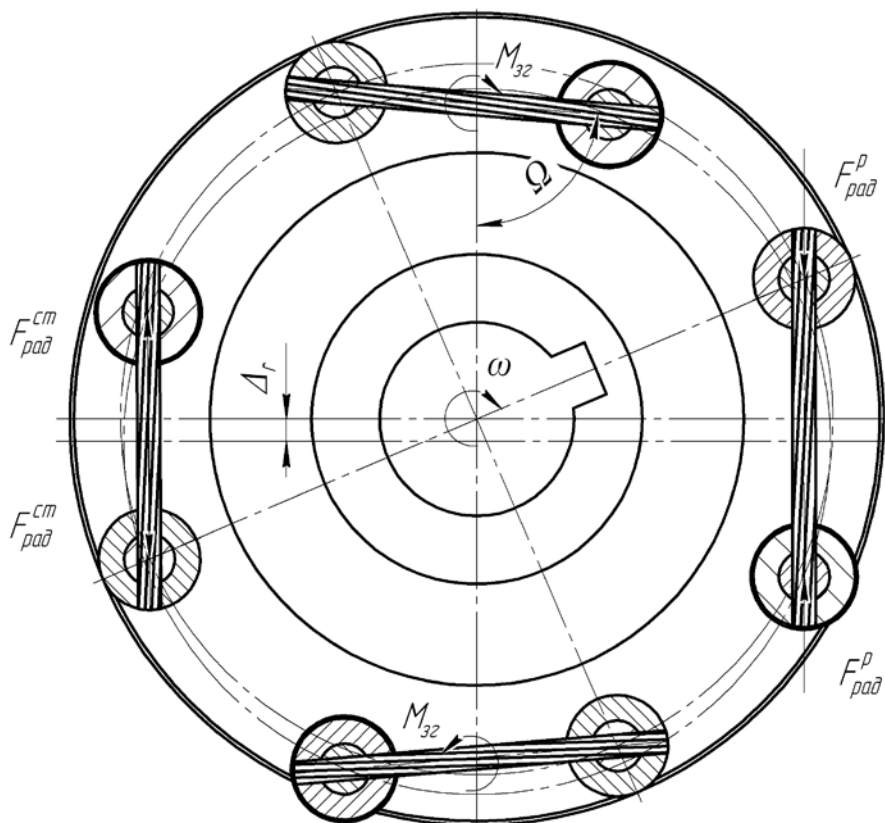


Рисунок 1 – Навантаження від неспіввісності валів

Згинальні моменти складатимуть величину:

$$M_{32} = \frac{3\Delta_r G}{L_k^2} \sin \Omega, \quad (1)$$

де Ω – кут між віссю каната та напрямком зміщення;

G – зведена згинальна жорсткість каната;

L_k – довжина каната.

Моменти M_{32} мають різні напрямки, і тому взаємно врівноважуються – через це надалі їх не враховуємо.

Пружна сила від розтягнутого каната становитиме:

$$F_{рад}^p = \frac{\Delta_r E_k^p S_\Sigma}{L_k} \cos \Omega, \quad (2)$$

де E_k^p – модуль пружності каната при розтягненні;

S_Σ – сумарна площа всіх дротів у канаті.

Пружна сила від стисненого каната становитиме:

$$F_{рад}^{cm} = \frac{\Delta_r E_k^{cm} S_\Sigma}{L_k} \cos \Omega, \quad (3)$$

де E_k^{cm} – модуль пружності каната при стиску.

Ці сили сягатимуть максимуму у випадку максимальної деформації – тобто в положенні канатів паралельно напрямку зміщення Δ_r ($\Omega = 0^\circ$).

У випадку парної кількості канатів у муфті результуюча радіальна сила становитиме:

$$F_{рад} = F_{рад}^p - F_{рад}^{cm} = \frac{\Delta_r S_\Sigma}{L_k} \cos \Omega (E_k^p - E_k^{cm}). \quad (4)$$

Модуль пружності канатів з органічним осердям при розтягненні становить приблизно $E_k^p = 1,0 \dots 1,2 \times 10^{11}$ Па. Модуль пружності канатів при стиску E_k^{cm} до сьогодні не досліджувався взагалі, але очевидно, що він є меншим ніж E_k^{cm} , очікувано в кілька разів, оскільки при стиску дротини та сталки канатів мають простір для радіальних зміщень.

У випадку збільшення довжини каната L_k на величину радіального зміщення Δ_r , складова $F_{рад}^p$ стане рівною нулю, а складова $F_{рад}^{cm}$ набуде величини:

$$F_{рад}^{cm} = \frac{2\Delta_r E_k^{cm} S_\Sigma}{L_k} \cos \Omega. \quad (5)$$

До цього варіанту слід прагнути при монтажі муфти. Для його досягнення неприпустимо виконувати затяжку канатів при фіксованому положенні напівмуфт. Потрібно затягнути спочатку всі канати в одній напівмуфті та виконати початкову затяжку канатів в іншій напівмуфті, виконуючи проворот муфти від руки. Потім слід надати муфті обертання вхолосту або під малим навантаженням, якщо це можливо, і після цього виконати завершальну затяжку канатів.

Подальші дослідження слід зосередити на дослідженні та розробці конструктивно-технологічних заходів щодо підвищення рівномірності розподілу навантаження між канатами. Також необхідно виконати дослідження впливу величини розцентровок валів на довговічність канатів у муфтах з торцевою установкою.

ЛІТЕРАТУРА

1. Комаров М.С. Определение расчетных нагрузок производственных механизмов и машин. – К. – М.: Машгиз, 1958. – 142 с.
2. Малиновский В.А. Стальные канаты. Часть 1: Некоторые вопросы технологии, расчета и проектирования. – Одесса: Астропринт, 2001. – 188 с.

РОЗРАХУНОК НА МІЦНІСТЬ ДЕТАЛЕЙ МУФТ З ТОРЦЕВОЮ УСТАНОВКОЮ ПРЯМИХ КАНАТІВ

Проценко В.О.

ВНЗ «Херсонський державний морський інститут»
(Україна)

Вступ. Синтез ефективних конструкцій рухомих пружно-компенсуючих муфт та методик їх проектування в умовах розвитку сучасного стану машинобудування є актуальним і важливим завданням для всіх галузей, оскільки такі муфти поширені у всіх типах машин. При цьому вимоги до муфт постійно ростуть у зв'язку з ростом експлуатаційних швидкостей та потужностей, підвищенням динамічності навантаження на машини та їх елементи.

Постановка задачі. Муфти з торцевою установкою прямих канатів (рис. 1) характеризуються простотою конструкції. Ці муфти нечутливі до відцентрових сил, що діють на пружні елементи, на відміну від муфт з тороподібною оболонкою. У порівнянні з муфтами МПВП та муфтами з пружною зірочкою вони характеризуються більшою компенсуючою здатністю та ремонтпридатністю. Канати в таких муфтах при їх роботі піддаються розтягненню і згину за рахунок наявності неспіввісності. *Задачею даної роботи* є розробка основ розрахунку на міцність канатів і пальців муфт з торцевою установкою прямих канатів.

Розв'язання поставленої задачі. Критерієм для вибору каната [1] є його розривне зусилля, яке порівнюється при виборі каната із силою його натягнення при роботі. Для визначення сили натягнення каната при роботі муфти, розглянемо схему (рис. 2). Вектор сили натягнення каната F_H та коллової сили на пальці F_t утворюють кут β . Цей кут визначимо з подібності трикутника OO_1B та силового трикутника BCD . Центральний кут 2β зі сторонами OO_1 і OB (O_1 і B – центри двох суміжних пальців ведучої і веденої напівмуфти) дорівнює:

$$2\beta = \frac{2\pi}{2z} = \frac{\pi}{z}, \quad (1)$$

де z – кількість пальців у кожній напівмуфті.

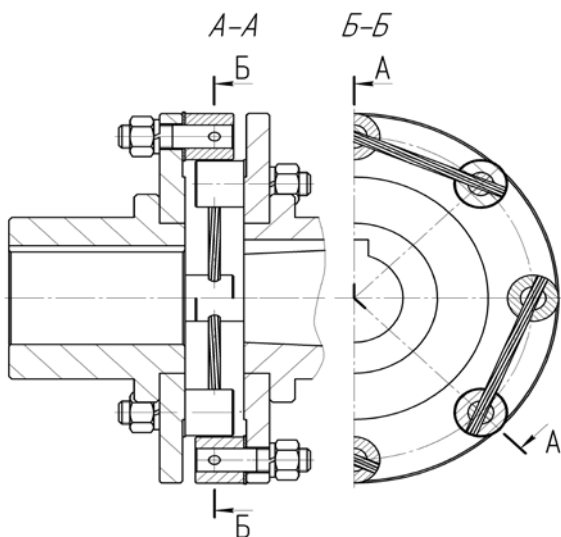


Рисунок 1 – Схема муфти з торцевою установкою прямих канатів

З трикутника OAB , отримаємо:

$$\cos \beta = \frac{F_t}{F_H}, \quad (2)$$

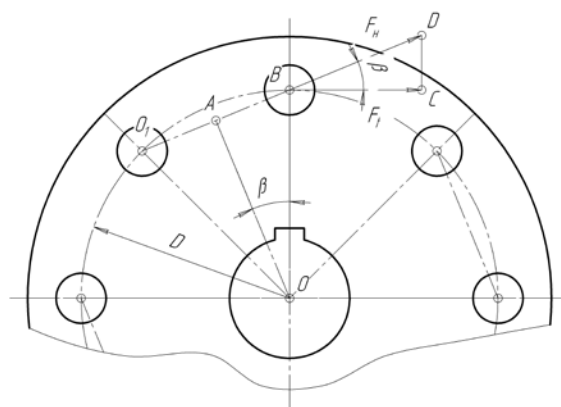


Рисунок 2 – Схема до визначення сили натягнення канатів

або:

$$F_H = \frac{F_t}{\cos \beta} = \frac{F_t}{\cos(\pi/2z)}. \quad (3)$$

Оскільки колова сила на кожному з пальців напівмуфта становить:

$$F_t = \frac{2T}{zD}, \text{ то } F_H = \frac{F_t}{\cos \beta} = \frac{2T}{zD \cos(\pi/2z)} \quad (4)$$

Діаметр розташування пальців D слід вибрати в межах $(2,5 \dots 4)d_g$ (d_g – діаметр валів, які з'єднує муфта). Для забезпечення міцності канатів необхідно, щоб розривне зусилля каната F_0 за ГОСТ було більшим за силу натягнення F_H :

$$F_0 \geq z_p F_H, \quad (5)$$

де z_p – мінімальний коефіцієнт використання каната (запас міцності, який повинен бути не менше 3,0). За розривним зусиллям F_0 вибирається канат діаметром d_k .

Пальці є одними з найбільш напружених деталей муфти, які при її роботі згинаються силою $F_{mp2} = F_H/2$ та розтягуються силою $F_{зам}$ (рис. 3).

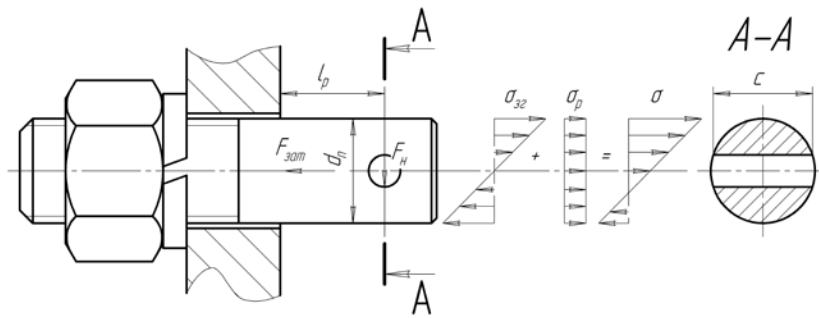


Рисунок 3 – Схема до визначення діаметра пальців

Напруження згину при цьому складають:

$$\sigma_{32} = \frac{32F_H l_p}{2W_{32}} = \frac{16F_H l_p}{\pi d_n^3}. \quad (6)$$

Напруження розтягнення:

$$\sigma_p = \frac{F_{зам}}{S} = \frac{4F_H}{2f\pi d_n^2} = \frac{2F_H}{f\pi d_n^2}. \quad (7)$$

Тоді повне напруження в тілі пальця:

$$\sigma = \sigma_{32} + \sigma_p = \frac{16F_H l_p}{\pi d_n^3} + \frac{2F_H}{f\pi d_n^2} = \frac{2F_H}{\pi d_n^2} \left(\frac{8l_p}{d_n} + \frac{1}{f} \right) \leq [\sigma_p]. \quad (8)$$

Прийнявши $f = 0,1 \dots 0,08$ для змащених поверхонь деталей муфти, отримаємо формулу для проектного розрахунку діаметра пальця:

$$d_n = \sqrt[3]{\frac{2F_H \left(\frac{8l_p}{d_n} + (10 \dots 12,5) \right)}{\pi [\sigma_p]}}. \quad (9)$$

Відношенням $\frac{l_p}{d_n}$ слід задатися попередньо в межах $1 \dots 4$ з наступним уточненням з умов компоновки й оцінки дійсного напруження за формулою (9).

ЛІТЕРАТУРА

1. Иванов М.Н., Комаров М.С. Детали машин и подъемно-транспортные машины. – Львов: ЛГУ, 1961. – 588 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ ГРЕБНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ УСТАНОВКОЙ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Румянцев А.Ю., Хомяк В.А.

Федеральное государственное унитарное предприятие
«Центральный научно-исследовательский институт судовой
электротехники и технологии»
(Санкт-Петербург, Россия)

В настоящее время в качестве движительного комплекса судна широкое применение находят гребные электрические установки (ГЭУ), которые по ряду эксплуатационных параметров имеют неоспоримые преимущества по сравнению с установками, имеющими механическую передачу от теплового двигателя к валу винта.

Электрическая технология передачи энергии от двигателя к движителю достаточно сложна. Она включает в себя выработку электроэнергии, ее преобразование для управления электродвигателем и согласование движений электродвигателя и движителя. Наибольшее многообразие имеют задачи, связанные с выбором алгоритмов управления ГЭУ. Повышение энергетической эффективности является одним из приоритетных направлений технической политики не только в области судостроения, но и в других областях науки и техники. В нашей стране действует Федеральный закон РФ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности».

В докладе предлагается структура ГЭУ, состоящая из синхронного генератора с трехфазной обмоткой возбуждения и асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором, который связан с валом гребного винта напрямую без использования регулирования шага и редуктора.

Статорные обмотки генератора и электродвигателя соединены между собой, а трехфазная обмотка возбуждения синхронного генератора получает питание от преобразователя частоты. Обычно ГЭУ состоит из синхронного генератора и асинхронного электродвигателя, обмотки статора которых соединяются между собой через преобразователь частоты. По сравнению с обычным предложенное построение ГЭУ позволяет уменьшить установленную мощность преобразователя и снизить уровень потерь на преобразование энергии.

Управлять потоком энергии от теплового двигателя, как правило дизеля, к движителю предлагается путем воздействия одновременно на амплитуду и частоту обмотки возбуждения синхронного генератора, а также на частоту вращения дизеля. В режиме форсированного хода дизель работает на максимальных оборотах, и обмотка возбуждения синхронного генератора питается постоянным током. Для получения экономичного хода снижается скорость вращения дизеля в пределах 15% от номинальной до оборотов ω_0 , при которых расход топлива на киловатт мощности минимален. При необходимости снижения оборотов гребного вала ниже ω_0 увеличивается частота и амплитуда токов в обмотке возбуждения. Предлагается соотношение между частотой токов и амплитудой напряжения выбирать такое, чтобы обеспечить минимум потерь энергии в электрическом канале ГЭУ.

Эффективность работы электрического канала передачи энергии оценивается показателем энергетической эффективности – отношения потерь энергии к моменту на валу. Сформулирована аналитическая зависимость переменных состояния ГЭУ от коэффициента энергетической эффективности. Предложен способ формирования алгоритма управления ГЭУ переменного тока по критерию максимальной энергетической эффективности.

Применение предложенного алгоритма управления гребной энергетической установкой позволит повысить показатель энергетической эффективности по сравнению с

наиболее распространенным алгоритмом управления, поддерживающим постоянный ток намагничивания асинхронного двигателя в полтора раза.

Таким образом, построение структуры ГЭУ на базе синхронного генератора с трехфазным ротором и асинхронного двигателя без применения преобразователя частоты в силовом канале и механических преобразований гребного винта совместно с применением энергоэффективного управления ведет к повышению энергетической эффективности судна в целом, за счет уменьшения габаритов и массы электрических и механических преобразователей энергии, снижения потребления топлива, удешевлению эксплуатации судна и увеличению автономности плавания, дополнительно обеспечивается увеличение используемой грузоподъемности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Айзенштадт Е.Б. Электродвижение судов. Обзоры и анализы по судовой электротехнике и связи // Судостроение. – 1969. – Вып. 11.
2. Самосейко В.Ф. Теоретические основы управления электроприводом: Учебное пособие. – СПб.: Элмор, 2007. – 464 с.

ПРИБОР ДЛЯ ВИБРОДИАГНОСТИРОВАНИЯ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ И СКОЛЬЖЕНИЯ СУДОВЫХ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

Свиридов В.И.

Вуз «Херсонский государственный морской институт» (Украина),

Воробьев Ю.М., Абдулаев А.А.

Академия военно-морских сил им. П.С. Нахимова (Севастополь, Украина)

Введение. Повышение надежности судовых машин и механизмов в эксплуатационных условиях предполагает наличие на судах приборов и систем технического диагностирования.

В настоящее время существует большое количество различных диагностических приборов и систем, которые целесообразно использовать для функционального диагностирования различных судовых машин и механизмов.

Известно, что ротора машин и механизмов вращаются в подшипниках качения и (или) подшипниках скольжения. Подшипники, наиболее механически нагруженные элементы и, как правило, они определяют ресурс работы машин и механизмов. Поэтому в судовых эксплуатационных условиях диагностированию подшипников уделяется особое внимание.

Проведенный авторами анализ [1-8] показывает, что принцип действия большинства из них основан на анализе сигнала вибрации работающих судовых машин и механизмов.

Цель исследования – провести анализ существующих методов вибродиагностирования подшипников качения и скольжения и определить наиболее оптимальный для судовых машин и механизмов.

Основной материал. Проведем анализ основных методов вибродиагностирования.

Диагностика подшипников качения по спектру огибающей вибросигнала. Это один из наиболее сложных методов диагностики подшипников, если сравнивать их между собой с точки зрения трудоемкости математической обработки и физической интерпретации получаемых результатов.

Метод базируется на двух достаточно простых предпосылках. Во-первых, в зависимости от того, на каком элементе подшипника качения появился дефект (внутренняя и внешняя обойма, тела качения, сепаратор), частота следования ударов в сигнале (периодичность «обкатывания» дефекта при работе подшипника), будет изменяться. Эта частота однозначно связана с геометрическими размерами подшипника и частотой вращения поддерживаемого ротора. Во-вторых, после каждого удара в подшипнике будут возникать свободные затухающие колебания, длящиеся достаточно длительное время. Эти колебания должны быть широкополосными, занимать широкий диапазон частот, что необходимо для отстройки метода от помех при помощи перестраиваемых полосовых фильтров.

Реально, обработка вибросигналов производится следующим образом. При помощи полосового фильтра (аналогового или цифрового) из всего сигнала выделяется узкий диапазон частот. При этом вопрос о конкретном выборе нужной полосы частот отдается «на откуп» пользователю, что сразу же затрудняет работу даже специалисту средней квалификации, не говоря уже о начинающих. Полученный сигнал детектируется цифровым детектором (строится огибающая сигнала), а от нее берется обычный спектр.

Результурующий диагноз о состоянии подшипника делается на основании анализа соотношения амплитуд «подшипниковых» гармоник в спектре огибающей сигнала. Важно четко понимать то, что полученный спектр строится не по всему сигналу, а только по его узкополосной выборке. Поэтому амплитуды гармоник приводятся не в «точных» значениях виброускорения, а в единицах относительной модуляции сигнала. Это также существенно усложняет интерпретацию результатов и итоговую диагностику.

Кроме вышеперечисленных недостатков у данного метода есть еще один весьма существенный недостаток, затрудняющий корректное определение остаточного ресурса подшипника. Если дефект возникает на обойме подшипника, а это случается наиболее часто, то на первом этапе его развития наблюдается пропорциональный рост вибрационных признаков. На некотором этапе развития дефекта начинается такой процесс, когда по спектру огибающей сигнала признаки развития дефекта (уровень модуляции сигнала подшипниковыми гармониками) начинает снижаться. Дефект разрастается, а диагностика дает улучшение состояния подшипника. Через некоторое время это «улучшение состояния подшипника» прекращается и восстанавливается пропорциональность между степенью развития дефекта и его признаками в спектре огибающей. Наиболее неприятным здесь является то, что эта «аномальная зона диагностики» может занимать до половины общего времени от момента возникновения дефекта до выхода подшипника из строя. Физическая картина этого явления достаточно проста. На первом этапе развития дефекта обоймы вся энергия удара возникает в зоне контакта одного тела качения с зоной дефекта. По мере разрастания зоны возникает такая ситуация, что тело качения проходит зону дефекта, но сила удара уменьшается за счет того, что в это время ротор опирается на два других тела качения, расположенные с двух сторон зоны дефекта. Поскольку они обкатывают обойму вне зоны дефекта, сила удара уменьшается и может, что наблюдается на практике, снизиться в два – три раза. Результат этого понятен – система диагностики дает пропорциональное улучшение состояния подшипника качения.

Все вышеперечисленные сложности применения данного метода диагностики (плюс большие сложности, возникающие при задании порогов состояния подшипника по уровню модуляции) существенно ограничивают сферу применения спектра огибающей вибросигнала. Его основное назначение – контроль состояния наиболее ответственных и дорогих подшипников. Только для них можно провести весь комплекс мероприятий, связанных с периодическим, достаточно частым контролем, а также с определением корректных норм и порогов состояния. Для массового обследования большого количества подшипников метод малопригоден, т. к. позволяет уверенно выявлять дефекты подшипников только на достаточно поздних этапах их развития. На начальных и «средних» фазах развития дефектов достоверность получаемых диагнозов уменьшается до 30 – 50 %, чего явно недостаточно.

Диагностика подшипников качения по спектру вибросигнала. В этом методе предполагается использовать для диагностики дефектов подшипников «обычные» спектры вибросигналов. Выполнено достаточно много практических исследований, которые вполне убедительно (внешне) показали возможность применения такого подхода. При внимательном рассмотрении представленных результатов достаточно хорошо видно, что достоверная диагностика этим методом получается в том случае, когда дефект достаточно сильно развит. В основном это происходит тогда, когда остаточный ресурс подшипника составляет 20 – 40 %, а оставшийся срок службы редко превышает несколько недель или месяцев.

Практическое применение данного метода является еще более сложным, чем использование метода диагностики по спектру огибающей. Проблема заключается в том, что в «классическом» спектре вибрации дефектного подшипника очень трудно определить амплитуду «подшипниковых гармоник», обычно в спектре вибросигнала их просто нет. Именно процедуры полосовой фильтрации, детектирования и получения спектра огибающей предназначены для выявления в сигнале подшипниковых гармоник. В «классическом» спектре появление и развитие дефектов подшипников приводит к появлению некоторых достаточно высокочастотных зон (одной или нескольких), в которых спектр «приподнимается». В этих зонах есть хаотически расположенные пики, частотам которых не удается придать осознанный физический смысл. Расположение этих «зон поднятия спектра» не поддается точному описанию, подшипники одной марки дают

поднятия в разных зонах, особенно хорошо это видно в оборудовании различной конструкции, или даже одной конструкции, но в разных условиях настройки и даже разных режимах работы. Поиск и идентификация этих зон – абсолютно творческий процесс, который не удастся формализовать.

Причина такого проявления дефектов подшипников в спектре становится понятной, если определиться с тем, какие гармоники в нем отображаются. Основной вес в спектре имеют гармоники тех частот, на которых вибрируют элементы конструкции оборудования после ударов в подшипнике – свободные резонансные частоты. Очень важно понимать, что в «обычном» спектре видны не частоты следования ударов в подшипнике, а колебания после этих ударов. Не нужно дополнительно пояснять, что эти частоты зависят от очень большого количества параметров, в перечне которых если и можно поместить дефекты подшипников качения, то только в самом окончании, и то только как просто возбуждающие вибрации удары. Почему в спектре не видны подшипниковые гармоники, читатель может определиться сам, если учтет, что исходный сигнал симметричен относительно оси времени.

Для диагностики дефектов подшипников по «классическому» спектру может быть применен любой анализатор сигналов, работающий в диапазоне до 5000 герц. Это связано с тем, что зоны поднятия спектра могут находиться в диапазоне часто от 500 до 5000 герц. Других требований к анализатору вибросигналов не предъявляется. Теоретическими и методическими вопросами этого метода серьезно никто не занимается.

Сравнение мощности сигнала в двух частотных диапазонах. Этот метод сравнительно недавно начал применяться на практике, есть даже некоторая печатная информация и несколько сообщений на конференциях об особенностях его применения. По мере разработки этого метода он, очевидно, займет свое прикладное место.

Физический смысл метода достаточно прост. Рассчитывается мощность вибросигнала в двух фиксированных диапазонах частот, например, до 1000 герц и выше 14000 герц. Критерием технического состояния подшипника качения является соотношение этих рассчитанных мощностей (СКЗ). Вполне очевидно, что при появлении дефектов будет возрастать высокочастотная составляющая мощностей, и чем больше (до определенного соотношения, но это уже предмет более серьезного рассмотрения) относительная мощность высокочастотных колебаний, тем сильнее развит дефект подшипника. Низкочастотный диапазон обычно рассматривается стандартный, от 10 до 1000 герц. Выбор высокочастотного диапазона, в котором рассчитывается мощность, авторами рассматривается по-разному, но диапазон частот от 14 до 28 кГц предлагается чаще всего.

Метод представляется авторами как полностью готовый к применению, но на самом деле пока это не возможно по двум причинам.

Первая причина связана с методикой проведения измерений – не следует считать, что метод легко реализуем на практике. Специалистам хорошо известно, что магнитное крепление датчика позволяет пропускать через себя частоты до 7 кГц, и то в идеале, при установке магнита на шлифованную поверхность. Реально все обстоит гораздо хуже, даже тонкий слой краски, небольшая неровность, искажают мощность высоких частот в несколько раз. Реально, при помощи магнитного крепления (про щуп даже не идет речь, там «проходит» всего 2 кГц) частоты выше 5 кГц с приемлемой точностью измерить нельзя. Даже частоты в 10 кГц, как учат учебники, можно измерить только с применением шпильки и пчелиного воска, используемого в качестве заполнителя неровностей. Как измерить частоту в 20 кГц – это вообще проблема. В наших экспериментах мы получали те значения, которые «хотели получить». Следовательно, метод может быть применен только там, где на контролируемых подшипниках проведена соответствующая, достаточно тщательная подготовка мест установки вибродатчиков.

Вторая причина носит технический характер, в настоящее время практически отсутствуют приборы для широкого практического применения этого метода.

Діагностика подшипників по соотношению СКЗ и пиков в вибросигнале. Этот метод имеет несколько модификаций и наименований, в зависимости от того, какая фирма его доводила до практического внедрения. Мы привыкли называть его «методом диагностики с использованием пик-фактора», как это делает фирма «Брюль и Кьер».

Физическая основа метода проста – проводится сравнение СКЗ вибросигнала со значением амплитуд пиков. Чем больше пиковое значение превышает величину СКЗ, т. е. чем больше относительная амплитуда пиков вибрации – ударов, тем сильнее в подшипнике развит дефект, тем он опаснее. Метод достаточно прост, но при правильной реализации технических средств он является очень чувствительным, превышающим по своим параметрам все выше описанные методы.

Акустическая диагностика подшипников качения, т.е. диагностика с использованием свойств человеческого уха. Такая диагностика применяется на практике и часто очень эффективна. В настоящее время для этих целей выпускаются электронные стетоскопы.

Діагностика подшипників по «інтенсивности» вібраційних коливань. Исторически этот метод применяют заводы – изготовители подшипников. Метод имеет две разновидности. В первой просто определяется интенсивность вибрации подшипника на испытательном стенде (измеряется обычно в децибелах). Чем выше вибрация, тем подшипник хуже. Во второй модификации метода весь диапазон частот разделяется на три, в каждом из которых рассчитывается интенсивность вибрации. Критерий технического состояния тот же – чем выше интенсивность вибрации, особенно в высокочастотной зоне, тем подшипник хуже. Для данного метода технически пригодны любые анализаторы вибросигналов, работающие в диапазоне до 5 – 10 кГц.

Проведенные авторами исследования показали, что наиболее оптимальным методом вибродиагностирования подшипников качения и скольжения является метод «огibaющей». Это единственный метод в мире, который позволяет эффективно диагностировать как подшипники качения, так и подшипники скольжения.

С 1992 года по настоящее время в Российской Федерации выпускается прибор типа АЛ-2-4 (автор – Абдулаев А.А.), который использует этот метод (см. рисунок 1).

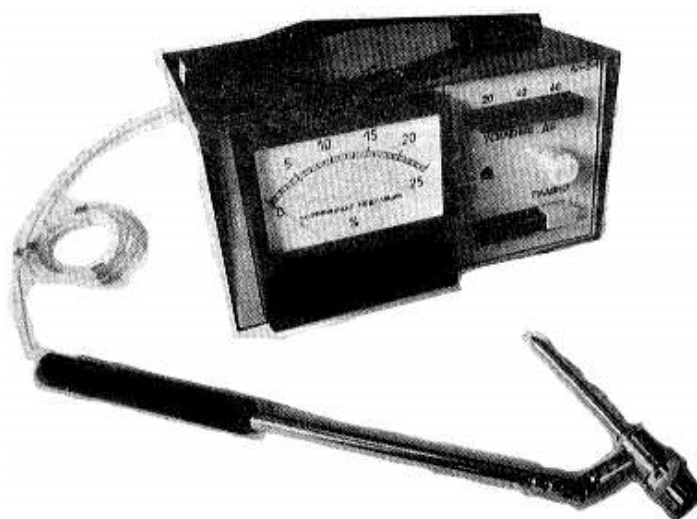


Рисунок 1 – Прибор типа АЛ-2- (1 ÷ 4)

Прибор разработан для пользователей, которые не являются специалистами в области вибродиагностики, и позволяет по глубине амплитудной модуляции, измеренной на низкочастотном октавном фильтре, который захватывает наиболее информативные частоты как подшипников качения, так и подшипников скольжения, определять степень их износа. Прибор использует и другой метод – метод оценки состояния по интегральному (общему) уровню вибрации, что позволяет определять качество смазки

подшипников, наступление усталости тел и дорожек подшипника, а также имеет функцию электронного стетоскопа, что увеличивает достоверность диагноза.

Выводы. Как показал практический опыт применения прибора типа АЛ-2 и проведенные авторами теоретические и экспериментальные исследования, он подлежит доработке:

1. Полосу высокочастотного третьоктавного фильтра следует уменьшить с 13,5 кГц до 9,0 кГц;

2. Добавить шкалу зависимости [8] остаточного ресурса подшипников качения от интегрального уровня вибрации;

3. Увеличить число низкочастотных полосовых фильтров для электронного стетоскопа;

4. В инструкцию по эксплуатации прибора добавить разработанную авторами методику диагностирования ДВС, в том числе и автомобильных двигателей (дизельных и бензиновых), диагностику подшипников колес автомобиля, колесных пар трамваев и железнодорожного состава.

5. Разработать и изготовить прибор типа АЛ-2 на новой электронной элементной базе.

Внедрение предложенных доработок позволит значительно увеличить эффективность диагностирования прибором типа АЛ-2 не только подшипников, но и судовых машин и механизмов в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдулаев В.А., Абдулаев А.А. Вибродиагностирование электрических машин. Сб. научных трудов, Вып. № 3, Проблемные вопросы строительства ВМСУ, развития вооружения и войсковой техники. – Севастополь, СВМИ, 1998.

2. Абдулаев А.А., Маркитантов Б.С. Определение информативных частот при вибродиагностике подшипниковых узлов. – Л.: Судоремонт флота рыбной промышленности, 1985, № 59. – С. 35 – 37.

3. Вибрация и вибродиагностика судового электрооборудования / Александров А.А., Барков А.В., Баркова Н.А., Шафранский В.А. – Л.: Судостроение, 1986. – 276 с.

4. Неразрушающий контроль: Справочник: Т. 7: В 2 кн. Кн. 2: Ф.Я. Балицкий, А.В. Барков, Н.А. Баркова и др. Вибродиагностика. – М.: Машиностроение, 2005. – 829 с.

5. Гольдин А.С. Вибрация роторных машин: – 2-е изд. исправл. – М.: Машиностроение, 2000 – 344 с.: ил.

6. Барков А.В., Баркова Н.А., Азовцев А.Ю. Мониторинг и диагностика роторных машин по вибрации. Рекомендации для пользователей систем диагностики. Издательство СПбГМТУ, Санкт-Петербург, 2000.

7. Абдулаев А.А. Вибродиагностика и мониторинг энергетических машин АЭС. – Учебное пособие. СИЯЭ и П., 1999. – 202 с.

8. Свиридов В.И. Вибродиагностический метод прогнозирования остаточного ресурса судовых машин и механизмов / В.И. Свиридов, Ю.М. Воробьев, А.А. Абдулаев // Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування: матер. республ. научн.-практич. конф. ХГМИ-2010, Херсон. – С. 109-111.

РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ЦЕТАНОВОГО ЧИСЛА И ТЕПЛОТЫ СГОРАНИЯ БИОДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

Семенов В.Г.

ООО «НИИ альтернативных топлив»
(Харьков, Украина)

Отличительной особенностью биодизельного топлива (БТ) от дизельного (ДТ) является его групповой состав [1]. В состав БТ в большинстве случаев входит не более 7-10 метиловых эфиров насыщенных и моно(поли)ненасыщенных жирных кислот, в то время как ДТ содержит сотни индивидуальных углеводов. От рационального сочетания компонентов моторного топлива зависят такие интегральные показатели, как цетановое число (ЦЧ) и теплота сгорания (высшая Q_v и низкая Q_n), которые, в свою очередь, определяют качество рабочего процесса, топливную экономичность двигателя и его экологические характеристики.

В работе [2] приведены диапазоны изменений значений ЦЧ БТ из растительных масел и животных жиров. Для рапсового БТ диапазон ЦЧ находится в пределах 51,0-59,0 (44,0-65,0), для животного жира 58,0-64,8. Калориметрические исследования Q_v [3] показали, что по мере повышения содержания метилового эфира эруковой кислоты от 0,8 % до 31 % Q_v увеличивается на 0,27 МДж/кг. Анализ работ [2, 3, 4] позволил сделать вывод о том, что на значения ЦЧ и Q_v биодизельного топлива оказывает влияние жирнокислотный состав (ЖКС БТ), который предопределяет значение иодного числа (ИЧ) и числа омыления (ЧО). Анализ значительного количества зарубежных публикаций (Германия, США, Индия, Турция и др.) позволили обобщить данные по ЦЧ чистых метиловых эфиров жирных кислот – С6:0=18,0; С8:0=33,6; С10:0=47,9; С12:0=61,1; С14:0=69,9; С16:0=74,4; С16:1=51,0; С18:0=76,3; С18:1=57,2; С18:2=36,8; С18:3=21,6; С22:1=76,0. В работе Clements (1996) ЦЧ БТ предлагается определять пропорционально процентному содержанию X_i метиловых эфиров. В работе [2] приведено уравнение регрессии для определения ЦЧ растительных масел и животных жиров

$$\text{ЦЧ} = 1,0 \cdot X_1 + 0,088X_2 + 0,133X_3 + 0,152X_4 - 0,101X_5 - 0,039X_6 - 0,243X_7 - 0,395X_8, \quad (1)$$

где $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7$ и X_8 – содержание (в относительных долях) метиловых эфиров жирных кислот – лауриновая С12:0, миристиновая С14:0, пальмитиновая С16:0, стеариновая С18:0, олеиновая С18:1, линолевая С18:2 и линоленовая С18:3.

С учетом ЖКС БТ рассчитывается ЦЧ в работе [4]

$$\text{ЦЧ} = 46,3 + 5458/\text{ЧО} - 0,225\text{ИЧ}, \quad (2)$$

$$\text{ИЧ} = \sum(254 \cdot D \cdot A_i) / \text{MW}_i, \quad (3)$$

$$\text{ЧО} = \sum(560 \cdot A_i) / \text{MW}_i \quad (4)$$

где A_i – процентное содержание ненасыщенных компонентов; D – число двойных связей (1, 2 или 3); MW_i – молекулярная масса компонентов.

Рассмотрим расчетные способы определения Q_v (Q_n) БТ. В работе [3] приведены экспериментальные данные по определению Q_v (Q_n), ИЧ, ЧО и апробирована формула Бертрана

$$Q_B^P = 4,1868 (11380 - \text{ИЧ} - 9,15\text{ЧО}), \text{ кДж/кг}, \quad (5)$$

Показано, что Q_B^P , определенное по формуле (5) хорошо коррелируется с $Q_B^{\text{МЕНД}}$, определяемой по формуле Д.И. Менделеева

$$Q_B^{\text{МЕНД}} = 34,013C + 125,69H - 10,9(O - S), \text{ МДж/кг}. \quad (6)$$

Низшая теплота сгорания Q_n определяется как

$$Q_n = Q_v - 2,512(9H + W), \text{ МДж/кг} \quad (7)$$

В формулах (6) и (7) C, H, O, S и W – массовые доли в топливе соответственно углерода, водорода, кислорода, серы и воды.

Таблиця 1 – Жирно-кислотний состав и показатели метилових ефірів жирних кислот

Жири- кислоти, Ефіри % об. из масел	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	C20:0	C20:1	C22:0	C22:1	C21:0, C, H, O	ИЧ ^Р г/100г	ЧО ^Э , ЧО ^Р мг КОН/г	ЦЧ ^Р	$\frac{Q_H^Э}{Q_H^P}$ МДж/кг	$\frac{Q_I^{АІА}}{Q_I^{АІА}}$ МДж/кг	ЦЧДВС
																	ЦЧ По ф-ле (1)
Рапсовое, МЭРМ-10	4.0	0.2	1.6	48.1	19.1	9.5	0.6 5.3	0.4 10.8	0.4	0.773 0.121 0.106	106.5 111.3	189.1 185.8	51.2 49.6	37.22 37.32	37.53 37.53	49 -	
Рапсовое, МЭРМВ-30	3.0	0.2	1.4	23.6	20.1	8.3	0.6 8.3	0.6 31.0	2.9	0.77 0.122 0.101	117.2 107.2	174.2 179.3	51.3 52.6	37.72 37.57	37.82 37.65	54 -	
Рапсовое, MSP 13	3.4	-	1.6	83.4	8.6	1.3	0.4 1.1	0.2 -	-	0.770 0.122 0.108	91.7 90.8	185.7 189.3	55.1 54.7	37.39 37.25	37.58 -	57.2 -	
Рапсовое, Caracas [5]	4.7	-	1.6	63.4	17.7	10.5	0.6 0.9	0.6 -	-	0.7675 0.124 0.1085	113.5 112.8	191.6 188.6	49.3 49.9	37.03 37.15	37.69 -	51.2 -	
Соевое, High Oleic [2]	5.4	-	4.2	81.3	3.8	5.3	-	-	-	0.7695 0.122 0.1085	- 90.0	- 190.0	- 54.8	- 37.23	37.55 -	- 56.3	
Соевое, Кременчуг [2]	7.1	-	1.0	36.0	53.5	1.1	0.4 0.3	0.7 -	-	0.772 0.119 0.109	- 126.0	- 190.8	- 46.6	- 37.13	37.33 -	- 47.4	
Подсолнечное Эней-Юрьева	5.0	-	3.0	87.0	5.0	-	-	-	-	0.769 0.1225 0.1085	- 81.1	- 189.8	- 56.8	- 37.27	37.59 -	- 57.6	
Кокосовое [4]	11.3	C8:0 7.0	4.2	8.7	2.5	C10:0 5.7	C12:0 42.4	C14:0 18.1	-	0.740 0.1225 0.1375	- 11.8	- 247.5	- 65.7	35.34	36.29	-	
Льняное [4]	6.1	-	4.6	17.5	15.9	55.9	-	-	-	0.7755 0.115 0.1095	- 188.9	- 191.5	- 32.3	- 36.92	37.03 -	- 36.0	

В таблице 1 приведены результаты расчетно-экспериментального исследования по оценке влияния ЖКС БТ на ЦЧ и Qн. В исследованиях использовались собственные данные и данные зарубежных авторов [2, 4, 5]. В заголовке таблицы записано – C16:0...C24:1 – содержание жирных кислот в образцах БТ; С, Н и О – относительные доли углерода, водорода и кислорода в БТ; индексы «Э» и «Р» при ИЧ, ЧО, ЦЧ и Qн относятся к данным величинам, вычисленных: индекс «Э» – с использованием ИЧ и ЧО, которые определялись по стандартам (ГОСТ 2070 и ГОСТ 5478); индекс «Р» – с использованием ИЧ и ЧО, которые определялись по формулам (3) и (4); ЦЧ^{ДВС} – экспериментальным путем на одноцилиндровом дизеле с изменяемой степенью сжатия; Qн^{БОМБ} – по данным измерений в калориметрической бомбе.

Таким образом, можно сделать выводы о том, что знание ЖКС биодизельного топлива, определенного способом газожидкостной хроматографии, позволяет проводить прогностические расчеты цетанового числа и низшей теплоты сгорания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Девянин С.Н., Марков В.А., Семенов В.Г. Растительные масла и топлива на их основе для дизельных двигателей. – М.: Издательский центр ФГОУ ВПО МГАУ, 2007. – 340 с.
2. Bamgboye A.I., Hansen A.C., Prediction of cetane number of biodiesel fuel from the fatty acid methyl ester (FAME) composition – Int. Agrophysics 2008; 22:21-29.

3. Семенов В.Г., Зинченко А.А. вычисление теплоты сгорания биотоплив по данным калориметрии и хроматографии. – Химия и технология топлив и масел. – Москва, ГУП Издательство «Нефть и газ». РГУ нефти и газа им. Н.М. Губкина, № 6, 2006. – С. 42-44.
4. M. Mohibbe Azam, Amtul Waris, N.M. Nahar. Prospects and potential of fatty acid methyl ester of some non-traditional seed oils for use as biodiesel in India. – Biomass and Bioenergy. 2005; 29:293-302.
5. Деспегель Жан-Пьер. Композиция алкильных эфиров масла рапсовых семян, способ их получения и применения как биодизельного топлива. – Патент Украины UA 88911 С2, МПК (2009), С11С 3/00, С10L 1/18, опубл. 10.12.2009. Бюл. № 23, 2009 г.

ВИГОТОВЛЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОГО СОПЛА ПІСКОСТРУМЕНЕВОЇ МАШИНИ ПРОМИСЛОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Сичук В.А., Заболотний О.В.
Луцький національний технічний університет
(Україна)

Проаналізувавши основні деталі та вузли промислових піскоструменевих машин, нами встановлено, що найпроблемнішим елементом з точки зору довговічності роботи є сопло, яке через інтенсивну роботу в складних умовах тертя, дуже швидко зношується, виходить з ладу і відповідно потребує заміни. Оскільки якісні сопла для піскоструменевих машин є задоволенням не з дешевих, тому нами поставлена задача – підвищити довговічність сопла для промислових піскоструменевих машин шляхом вдосконалення його конструкції і розробити відносно дешеву технологію його отримання.

Ми пропонуємо принципово новий підхід до процесу удосконалення сопел піскоструменевих машин. Головна умова – сопло має бути пористим, що дозволить пропускати через себе в радіальному напрямку повітря, яке буде створювати повітряну подушку на внутрішній робочій поверхні сопла. Така повітряна подушка буде створювати перешкоду для основного потоку повітря та абразиву, який контактує із внутрішньою робочою поверхнею сопла.

Виготовивши дослідні зразки, методами порошкової металургії, і отримавши позитивні результати, ми вирішили виготовити сопло піскоструменевої машини, яка використовується в промисловості.

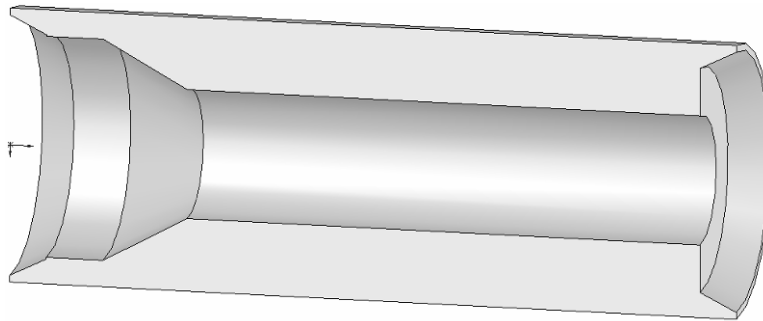


Рисунок 1 – Поліуретанова оболонка для виготовлення сопла піскоструменевої машини промислового призначення



Рисунок 2 – Стальна загартована оправка для виготовлення сопла піскоструменевої машини промислового призначення

На рисунку 1 зображено модель поліуретанової еластичної оболонки, яка служить для передачі тиску пресування на порошок, який у свою чергу обтискається навколо розбірної сталльної загартованої оправки, яка зображена на рисунку 2.

ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ЛАНЦЮГОВОГО РОБОЧОГО ОРГАНА ТРАНШЕЄКОПАЧА

Сукач М.К.

Київський національний університет будівництва і архітектури (Україна),

Лисак С.І.

Миколаївський будівельний коледж (Україна)

Вступ. Необхідність забезпечення надійної роботи енергетичного комплексу (магістральних трубопроводів) в умовах значної зношеності технологічного обладнання, обмеження фінансових і матеріальних ресурсів примусила звернути увагу на систему діагностичного обслуговування, тобто комплекс робіт за оцінкою поточного стану і прогнозування перспективної працездатності трубопроводів і устаткування, а також їх капітального ремонту [1].

Останніми роками, у зв'язку із впровадженням нових матеріалів і обладнання, змінилися основні технологічні схеми ремонту трубопроводів. Скоротилася область використання традиційних методів, стали активно розроблятися нові перспективні методи відновлення працездатності магістрального і промислового трубопроводного транспорту [2]. Вирішення задач, поставлених перед ремонтними організаціями, щодо підтримки необхідного рівня надійності трубопроводів можна забезпечити тільки на основі застосування сучасної технології і організації виробництва, а також впровадження нових високоефективних технічних засобів.

В існуючій технології капітального ремонту трубопроводів після розробки ґрунту зверху та з обох боків від труби (процес розкривання) залучають додаткові установки для механізованого видалення ґрунту з-під трубопроводу. А тому використання багатоцільового обладнання з метою поєднання цих технологічних операцій в одній забезпечить зниження собівартості ремонту трубопроводу, підвищення темпів виконання робіт тощо [6]. Це передбачає зменшення кількості техніки, що залучена для ремонту. Наприклад, виключити з комплексу землерийних машин для капітального ремонту магістралей підкопувально-роторну установку можна шляхом застосування модернізованої машини для розкривання трубопроводу з двохсекційним ланцюговим робочим органом [3].

Актуальність. При руйнуванні ґрунту ланцюговими траншеєкопачами, тяговий робочий орган здійснює коливання від нерівномірності свого руху, ударів об грані блоків, неоднорідності розробляемого робочого середовища тощо.

Під час роботи спостерігається періодичне провисання ланцюгів або їх надмірне натягування, через що частина колового зусилля приводу буде витрачатись на подолання додаткових опорів. Це виникає внаслідок того, що співвідношення чисел граней ведучого і веденого блоків не є оптимальним. Періодичне провисання ланцюгів змінюється в межах мінімального та максимального значення $f_{\min} \dots f_{\max}$, порушуючи умову вільного провисання. Тому виявлення співвідношень між числами граней натяжного та приводного блоків, при яких провисання матиме оптимальне та постійне значення, є актуальною задачею.

Метою роботи є дослідження та оптимізація геометричних параметрів ланцюгового робочого органа траншеєкопача.

Основні результати досліджень. Форма ланцюгової лінії постійно змінюється під впливом різних випадкових і невідповідних факторів, тому теоретично складно виявити закономірність цієї зміни. Для відносно коротких робочих ланцюгів та невеликих провисань, ланцюгову лінію можна замінити параболою.

Рівняння параболи має вид [4]

$$y = \frac{4f_\alpha}{L_{AB}^2 \cos^2 \alpha_{AB}} x^2 - \frac{4f_\alpha}{L_{AB} \cos \alpha_{AB}} x + x \operatorname{tg} \alpha_{AB}, \text{ або} \quad (1)$$

$$y = \frac{4k_\alpha}{L_{AB}^2 \cos^2 \alpha_{AB}} x^2 - \frac{4k_\alpha}{L_{AB} \cos \alpha_{AB}} x + x \operatorname{tg} \alpha_{AB} \quad (2)$$

де f_α – провисання ланцюгів по середині робочого органа; L_{AB} – відстань між точками підвішування ланцюга; α_{AB} – кут нахилу ланцюгової лінії АВ до горизонтальної площини (орієнтовно може бути прийнятий куту нахилу рами [4, 5]).

Розрахункова схема ланцюгового робочого органа траншеєкопача показана на рис. 1.

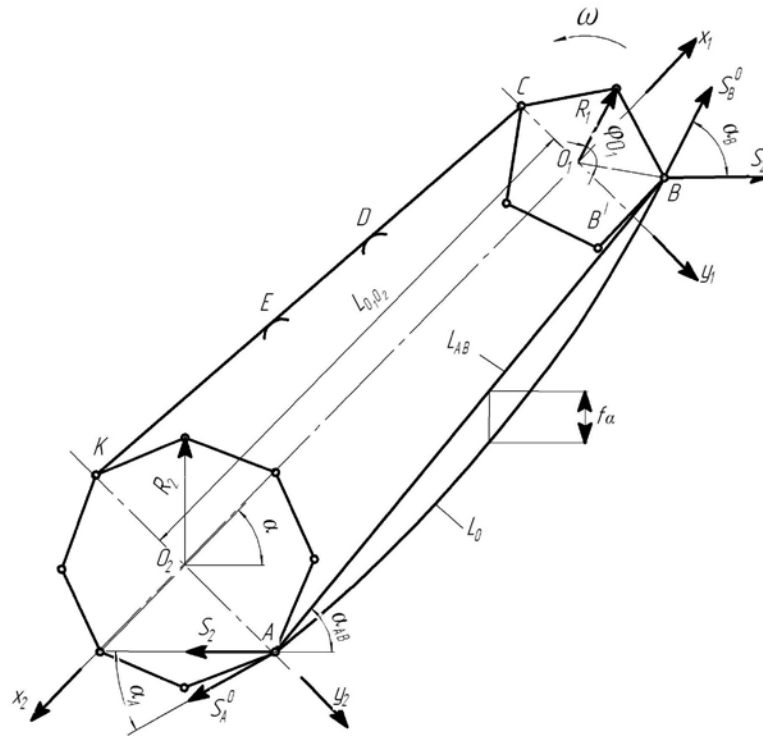


Рисунок 1 – Геометричні параметри ланцюгового робочого органа траншейного екскаватора

Диференціюючи наведене рівняння, отримуємо

$$\frac{dy}{dx} = \operatorname{tg} \alpha_x = \frac{8k_\alpha}{L_{AB} \cos^2 \alpha_{AB}} x - \frac{4k_\alpha}{\cos \alpha_{AB}} + \operatorname{tg} \alpha_{AB}. \quad (3)$$

При $x = 0$,

$$\operatorname{tg} \alpha_A = \operatorname{tg} \alpha_{AB} - \frac{4k_\alpha}{\cos \alpha_{AB}} \quad (4)$$

При $x = L_{AB} \cos \alpha_{AB}$,

$$\operatorname{tg} \alpha_B = \operatorname{tg} \alpha_{AB} + \frac{4k_\alpha}{\cos \alpha_{AB}} \quad (5)$$

Крива параболи визначається величиною відносного провисання

$$k_\alpha = \frac{f_\alpha}{L_{AB}}. \quad (5)$$

Таким чином, при $\alpha_{AB} = const$ та $L_{O_1O_2} = const$ маємо $f_\alpha = const$, де $L_{O_1O_2}$ – відстань між осями приводного O_1 та натяжного O_2 блоків. У дійсності провисання ланцюга є параметром змінним і залежить від співвідношення чисел граней.

Провисання ланцюга визначається за формулою

$$f = \frac{\sqrt{3(L_0^2 - L_{AB}^2)}}{4 \cos \alpha_{AB}} = 0,433 \frac{\sqrt{(L_0^2 - L_{AB}^2)}}{\cos \alpha_{AB}}. \quad (6)$$

У цій формулі дві невідомі величини: відстань між точками підвішування L_{AB} та кут нахилу лінії АВ до горизонту, які при обертанні приводного блоку періодично змінюються.

Виразимо ці величини через функцію кута повороту приводного блоку φ_1 в прийнятій системі координат (рис. 1)

$$L_{AB} = L_{O_1O_2} + x_1(\varphi_1) + x_2(\varphi_2) \quad (7)$$

де φ_2 – кут повороту натяжного барабану, який визначимо наступним чином

$$\varphi_2 = \varphi_1 \frac{z_1}{z_2} \quad (8)$$

де z_1 та z_2 – відповідно числа граней приводного на натяжного блоків.

З іншої сторони

$$x_1(\varphi_1) = R_1 \cos(\varphi_{01} + \varphi_1), \quad (9)$$

$$x_2(\varphi_2) = R_2 \sin\left(\varphi_1 \frac{z_1}{z_2}\right) \quad (10)$$

де R_1 та R_2 – відповідно радіуси кола посередині шарнірів ланцюгового робочого органа; φ_{01} – початковий кут повороту приводного блоку, при якому відбувається перехід із точки підвісу В у В' (для чотиригранного блоку $\varphi_{01} = 45^\circ$, для п'ятигранного $\varphi_{01} = 54^\circ$).

Тоді рівняння (7) матиме вид

$$L_{AB} = L_{O_1O_2} + R_1 \sin(\varphi_{01} + \varphi_1) + R_2 \sin\left(\varphi_1 \frac{z_1}{z_2}\right) \quad (11)$$

Число ґрунторозробних балок, які знаходяться між точками підвісу ланцюга, буде

$$m_{o(x)} = \frac{L_{AB}}{t_{ц}} + 0,5,$$

$t_{ц}$ – крок встановлення балок.

Отримане значення числа балок округляють до найближчого більшого числа. Тоді довжина ланцюга між точками підвішування

$$L_0 = m_{o(x)} t_{ц}. \quad (12)$$

Кут нахилу робочих ланцюгів до дна забою (горизонтальної площини)

$$\alpha_{л} = \alpha_{AB} = \alpha + \frac{180^\circ}{\pi} \frac{Y_1(\varphi_1) - Y_2(\varphi_2)}{L_{AB}}, \quad (13)$$

де α – кут нахилу рами двохсекційного робочого органа траншеєкопача до горизонту, $\alpha = 60^\circ$ [6].

Враховуючи вирази

$$Y_1(\varphi_1) = R_1 \sin(\varphi_{01} + \varphi_1), \quad (14)$$

$$Y_2(\varphi_2) = R_2 \cos\left(\varphi_1 \frac{z_1}{z_2}\right), \quad (15)$$

і підставивши їх у формулу (13), отримаємо

$$\alpha_{\text{л}} = \alpha_{\text{AB}} = \alpha + \frac{180^\circ}{\pi} \frac{R_1 \sin(\varphi_{01} + \varphi_1) - R_2 \sin(\varphi_1 \frac{z_1}{z_2})}{L_{\text{AB}}} \quad (16)$$

Горизонтальна складова натягу ланцюгів від власної сили ваги

$$S_{\text{г}} = \frac{g_{\text{л}} L_{\text{AB}}^2 \cos \alpha_{\text{AB}}}{g 8f}, \quad (17)$$

де $g_{\text{л}}$ – сила ваги 1 м ланцюгів з ґрунторозробними балками; g – прискорення сили ваги.

Натяг ланцюга в точках підвішування А та В

$$S_A^0 = \frac{S_{\text{г}}}{\cos \alpha_A}; S_B^0 = \frac{S_{\text{г}}}{\cos \alpha_B} \quad (18)$$

Натяг ланцюгів створюється також від опорів у шарнірах ланцюгів, динамічних навантажень, нерівномірності руху ланцюгів, опору ґрунту руйнуванню тощо.

Використаємо залежності, що отримані раніше при диференціюванні рівняння параболи для визначення кутів α_A та α_B (між відповідними силами натягу ланцюгів та горизонтом).

З рівняння (4) та (5) матимемо

$$\alpha_A = \arctg\left(\text{tg} \alpha_{\text{AB}} - \frac{4f}{L_{\text{AB}} \cos \alpha_{\text{AB}}}\right), \quad (19)$$

$$\alpha_B = \arctg\left(\text{tg} \alpha_{\text{AB}} + \frac{4f}{L_{\text{AB}} \cos \alpha_{\text{AB}}}\right). \quad (20)$$

Алгоритм розрахунку наведених параметрів може бути представлений у вигляді (рис. 2).

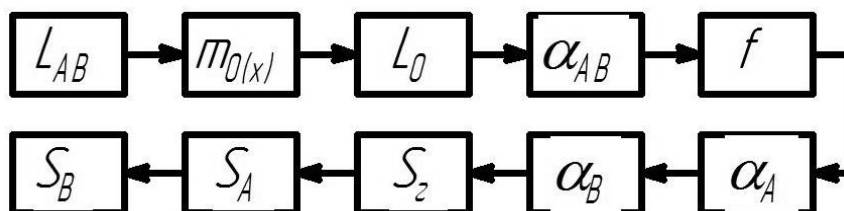


Рисунок 2 – Послідовність виконання розрахунків

В отриманих формулах постійними параметрами є: крок розташування ґрунторозробних балок на ланцюговій лінії $t_{\text{ц}}$, кут нахилу рами робочого органа α , відстань між блоками $L_{0,0_2}$.

Змінюючи значення чисел граней блоків z_1 та z_2 , можна отримати шукані величини провисання f та натягів ланцюга S_A , S_B , $S_{\text{г}}$ в залежності від кута повороту приводного блоку ϕ і таким чином знайти оптимальне співвідношення між z_1 та z_2 .

Розрахунки показали, що використання 5-гранного приводного та 8-гранного натяжного блоку дає менше провисання ланцюгів в порівнянні із 4-гранним приводним та 6-гранним натяжним блоком. При відстані між осями блоків 5 м максимальне провисання в першому випадку складає 10-16 см, а в другому близько 30 см.

Таким чином, отримані формули можуть бути використані для оптимізації геометричних параметрів ланцюгового траншейного екскаватора.

Висновки. Залежності між параметрами, які виведені в результаті дослідження, дають змогу оптимізувати співвідношення між числами граней блоків робочого органа, визначати величину провисання та натяг ланцюгів при стабільних конструктивних

параметрах (відстані між осями блоків, кроку між ґрунторозробними балками тощо). Перспективними напрямками є дослідження силових навантажень та опорів руху ланцюгового робочого органа під час розробки ґрунту траншеєкопачем. Також потребує вирішення питання динамічної рівноваги адаптованого робочого органа під час підкопування трубопроводу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Розгонюк В.В. Удосконалення методики діагностування технічного стану та способів ремонту магістральних газопроводів: Дис. канд. техн. наук: 05.15.13. – Ів.-Франківськ, 2000. – 267 с.
2. Мусійко В.Д., Кузьмінець М.П. Проблеми створення технології та техніки для виконання земляних робіт під час капітального ремонту промислових трубопровідних магістралей // Гірн., будів., дор. та меліор. машини: Всеукр. міжвід. зб. наук. праць. – К.: КНУБА, 2007. – Вип. 70. – С. 56-64.
3. Патент України №37784, E02 F5/00. Землерийне обладнання траншеєкопача для розкривання-заглиблення трубопроводів / Сукач М.К., Лисак С.І. (Україна). – u 2008 08334; Заявл. 20.06.2008; Опубл. 10.12.2008, Бюл. № 23.
4. Гарбузов З.Е., Ильгисонис В.К., Успенский В.П. и др. Землеройные машины непрерывного действия. – М.: Машиностроение, 1965. – 276 с.
5. Успенский В.П. Исследование усилий в свободно провисающей ковшовой цепи многоковшовых экскаваторов // Сб. трудов. – Ленинград: ВНИИСДМ №16, 1972. – С. 17-21.
6. Сукач М.К., Лисак С.І. Підвищення ефективності робочого обладнання машини для розкривання трубопроводів // Гірн., будів., дор. та меліор. машини: Всеукр. міжвід. зб. наук. праць. – К.: КНУБА, 2008. – Вип. 71. – С. 3-9.

ВПЛИВ ОБ'ЄМУ ЗОВНІШНІХ ПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВ НАВКОЛО ЧАСТОК НАПОВНЮВАЧА (КАРБІДА БОРУ) НА ЗАЛИШКОВІ НАПРУЖЕННЯ В ЕПОКСИКОМПОЗИТАХ

Стухляк П.Д., Добротвор І.Г., Сорівка І.Т., Мороз К.М.

Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя (Україна),
Масляк Б.О.

Тернопільський національний економічний університет (Україна)

Вступ. Полімерні композитні матеріали (КМ) на основі епоксидних смол, як зв'язувачів, наповнені дисперсними частками, мають широке використання у сучасній промисловості. Такі матеріали володіють високими фізико-механічними властивостями, значною корозійною тривкістю і стійкістю до спрацювання. Відомо, що на характеристики епоксикомпозитів впливають фізико-хімічні процеси на межі поділу фаз у системі «епоксидний зв'язувач – дисперсний наповнювач» при їх формуванні, котрі, у свою чергу, залежать від фізичної природи і хімічної активності мінеральних часток.

Актуальність досліджень. Особливий науковий і практичний інтерес становлять композити на основі епоксидних смол, оскільки при їх затвердненні формується просторова сітка, структура котрої може бути змінена за допомогою наповнювачів різної фізичної природи. Співвідношення механізмів хімічної та фізичної взаємодії на межі поділу фаз суттєво впливає на структуру матеріалу, його властивості та їх зміну у процесі експлуатації. Навколо введених у полімер добавок утворюються зовнішні поверхневі шари (ЗПШ) з властивостями, котрі відрізняються від властивостей олігомеру та наповнювача (рис. 1). Вони складаються із адсорбційних поверхневих шарів та шарів, на властивості яких впливають залишкові напруження, що виникають у процесі тверднення матеріалу. Оптичні характеристики вказаних шарів відрізняються від властивостей матриці в об'ємі.

Постановка задачі. Одним з основних напрямків збільшення довговічності захисних покриттів є зниження на межі фаз «полімер – основа» та «полімер – наповнювач» залишкових напружень, котрі є причиною руйнування композиційної системи як у процесі формування, так і при експлуатації. У зв'язку з цим, залишкові напруження вибрано як один із основних критеріїв, котрі характеризують структурні перетворення на межі поділу фаз «олігомер – основа» та в об'ємі полімеркомпозиту. Важливе значення має також дослідження впливу наповнювача на реакції при утворенні тривимірного полімеру [1]. При формуванні тривимірної сітки поверхня наповнювача впливає на структурні процеси як своєрідний інгібітор. Встановлено, що у цьому випадку ефективна густина сітки для шарів полімеру, що знаходяться на основі, у більшості випадків вища, ніж для шарів у віддалених об'ємах полімеру [1, 2].

Метою роботи є встановлення закономірностей зміни фізико-механічних властивостей епоксикомпозитних покриттів від вмісту наповнювача і товщини покриття на основі аналізу геометричних параметрів мікроструктур матеріалу.

Результати досліджень. Композитні матеріали формували методом гідродинамічного суміщення зв'язувача, наповнювача та твердника. У якості об'єкту дослідження вибрано епоксидний олігомер марки ЕД-20 (ГОСТ 10587-84). Тверднення епоксикомпозитів здійснювали поліетиленполіаміном (ПЕПА). Досліджували КМ з наповнювачем карбід бору із дисперсністю 63 мкм, із різним вмістом на 100 мас. ч. епоксидної смоли. Проводили дослідження залишкових напружень від об'єму ЗПШ у композиті при концентрації 0, 20, 30, 40, 50, 60, 80 мас. ч. на 100 мас. ч. олігомеру. Залишкові напруження у покриттях визначали залежно від вмісту наповнювачів та діапазону товщини нанесеного на сталійній основі (товщиною 0,3 мм) покриття, використовуючи консольний метод [3]. Отримані результати досліджень приведено у таблиці 1.

Одночасно до проведених досліджень здійснювали цифрове фотографування зразків у вигляді тонких плівок з композитів, у результаті чого отримували фотографії у форматі BMP (Bitmap Picture) при збільшенні у 10^3 разів. Використовуючи зображення з отриманих світлин, здійснювали обробку на комп'ютері для обчислення геометричних параметрів ЗПШ. У середовищі програмного забезпечення Mathcad проводили обчислення об'єму зовнішніх поверхневих шарів та їх відсоткового вмісту у матриці КМ. При цьому виходили із припущення кулястості часток (зерен) наповнювача із приєднаними ЗПШ (рис. 2). Вважаємо, що параметри d і a практично однакові для часток: $d \approx 63$ мкм,

$$r_z = \frac{d}{2}, a = 26,8 \text{ мкм (для карбіда бору)}.$$

Таблиця 1 – Залишкові напруження епоксикомпозитного покриття із дисперсним наповнювачем карбід бору

δ^* , мм	(0,1; 0,2)	(0,2; 0,3)	(0,3; 0,4)	(0,4; 0,5)	(0,5; 0,6)
q, мас. ч.					
0	3,43	4,48	3,15	3,52	4,31
20	2,35	4,62	5,56	4,58	4,44
30	3,07	5,11	5,08	4,16	4,23
40	6,14	5,73	6,47	5,11	5,36
50	4,23	6,03	5,52	4,95	5,35
60	4,49	5,38	7,04	5,37	5,74
80	3,83	6,71	5,01	5,64	4,28

При розпізнаванні характеристик ЗПШ на попередньому етапі отримували зображення у файлі F з форматом BMP за допомогою вбудованої функції Mathcad. Далі отримували матрицю (масив), кожен елемент котрої відповідає інтенсивності чорно-білого прояву (кольору) одного пікселя зображення у межах від 0 до 255. Виділивши фрагмент масиву A , що відповідає досліджуваному об'єкту, застосували за допомогою дискретної згортки в процес маскування масиву P оригіналу, що дозволяє позбавитись шумів із подальшим використанням операторів модуля градієнту до отриманої матриці C [4].

Як маску вибрано матрицю $h3$, згортку здійснювали за допомогою оператора кореляції $Z3$ програми Mathcad 14 (лістинг 1). У якості прикладу наведено фрагмент КМ з дисперсним наповнювачем карбідом бору (рис. 1).

Лістинг 1:

$$A = \text{READBMP}(F), P = \text{submatrix}(A, r1, r2, c1, c2)$$

$$h3 := \frac{1}{9} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

$$Z3 = \text{correl2d}(P, h3)$$

$$\text{dif}(m, n) = Z3_{m,n} - Z3_{m-1,n} \quad \text{dif}(m, n) = Z3_{m,n} - Z_{m,n-1}$$

$$gf(m, n) = \left(\text{dif}(m, n)^2 + \text{dif}(m, n)^2 \right)^{\frac{1}{2}}$$

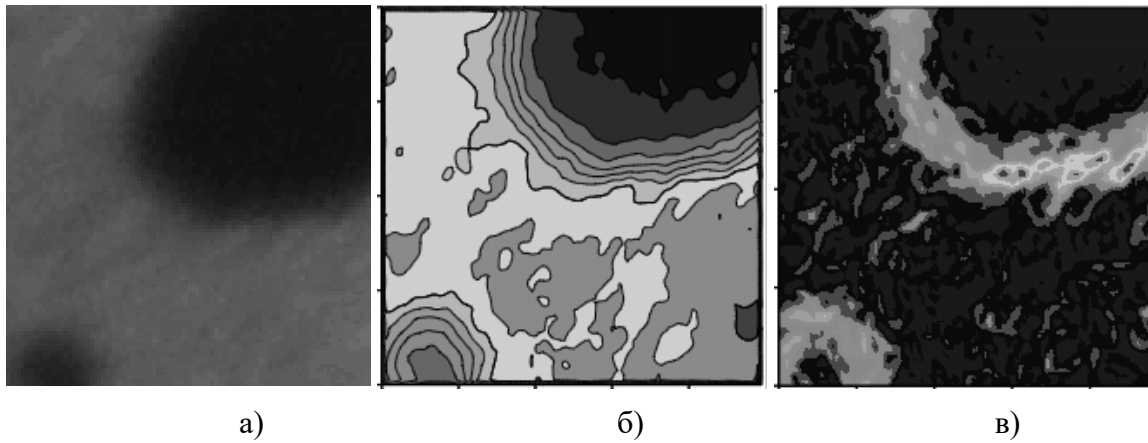


Рисунок 1 – Фото фрагменту композиту із часткою наповнювача (а), діаграма матриці Z3 – результат застосування оператора згортки до фрагменту (б) та діаграма матриці модуля градієнту досліджуваного масиву Z3 із областями ЗПШ, що прилягають до поверхні частки наповнювача (в)

Обчислюємо об'єм частки (зерна) наповнювача:

$$V_{\text{ч}} = \frac{4}{3} \pi \cdot r_z^3,$$

та об'єм частки із приєднаними ЗПШ:

Обчислюємо об'єм частки (зерна) наповнювача:

$$V_{\text{ч+ЗПШ}} = \frac{4}{3} \pi \cdot R^3,$$

де $R = r_z + a$.

Тоді об'єм одного ЗПШ (для однієї частки):

$$V_{1_ЗПШ} = V_{\text{ч+ЗПШ}} - V_{\text{ч}},$$

Звідси, загальний об'єм ЗПШ:

$$V_{\text{заг.ЗПШ}} = n \cdot V_{1_ЗПШ}, \quad (1)$$

де $V_{\text{заг.ЗПШ}}$ – загальний об'єм ЗПШ зерен на досліджуваному фрагменті зображення тонкої плівки КМ; n – кількість зерен на даному фрагменті.

Розглядали залежності загального об'єму ЗПШ від концентрації наповнювача в мас. ч. на 100 мас. ч. епоксидної смоли.

Для обчислення відсоткового вмісту ЗПШ спочатку знаходимо відсотковий вміст наповнювача у КМ за формулою:

$$Q_{\text{н}} = \frac{V_{\text{н}}}{V} \cdot 100\%, \quad (1)$$

де $V_{\text{н}}$ – сумарний об'єм зерен порошку наповнювача; V – об'єм зразка КМ.

Тоді допустима відсоткова верхня межа об'єму ЗПШ:

$$Q_{\text{доп}} = 100 - Q_{\text{н}},$$

Звідси, визначаємо відсотковий вміст ЗПШ за формулою:

$$Q_{\text{ЗПШ}} = \frac{V_{\text{заг.ЗПШ}}}{V} \cdot 100\%, \quad (2)$$

Для побудови параметричної залежності верхньої критичної межі відсоткового вмісту ЗПШ було використано середовище програмного забезпечення Mathcad (лістинг 2): У результаті отримано графічну залежність відсоткового вмісту ЗПШ у композиті від концентрації q наповнювача в мас. ч. на 100 мас. ч. епоксидної смоли для наповнювача карбід бору (рис. 2). Для залежності $z(q)$ (лістинг 2) встановлено, що у випадку

наповнювача карбід бору з дисперсністю 63 мкм верхня критична межа відсоткового вмісту ЗПШ в композитному матеріалі $Q^* = 83,8\%$ досягається при концентрації наповнювача $q^* = 42,2$ мас. ч. на 100 мас. ч. епоксидної смоли (рис. 2).

Лістинг 2:

```

qT = (0 20 30 40 50 60 80),

ρo := 1.16      ρz_1 := 2.54      qo := 100

vn_1 :=  $\frac{q_n}{\rho_{z_1}}$       vo :=  $\frac{q_o}{\rho_o}$ 

vn_1 :=  $\frac{q_n}{\rho_{z_1}}$       vs_1 := vn_1 + vo

Qn_1 :=  $\frac{v_{n_1}}{v_{s_1}} \cdot 100$       Qdop_1 := 100 - Qn_1

c1_1 := cspline(qn, Qzps_1)      z1_1(q) := interp(c1_1, qn, Qzps_1, q)

c2_1 := cspline(qn, Qdop_1)      z2_1(q) := interp(c2_1, qn, Qdop_1, q)

q := 0, 0.1..80

z_1(q) :=  $\begin{cases} z1_1(q) & \text{if } z1_1(q) < z2_1(q) \\ z2_1(q) & \text{otherwise} \end{cases}$ 
    
```

Отримані висновки корелюють із результатами попередніх експериментальних досліджень, котрі показали, що збільшення відсоткового вмісту q наповнювача вище 40-50% не тільки не збільшує вміст гель-фракції у матеріалі, але й призводить до його зниження.

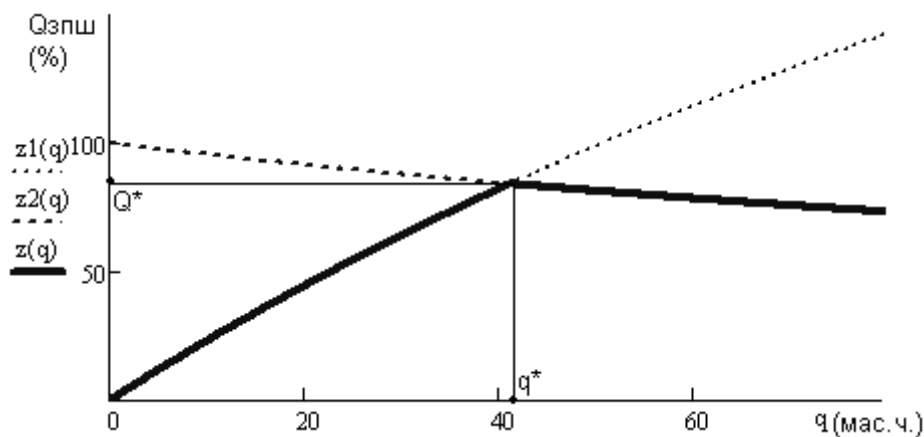


Рисунок 2 – Залежність $z(q)$ відсоткового вмісту ЗПШ у композиті від концентрації q наповнювача В4С. Тут $z1(q)$ – відсоткова залежність вільного об'єму композиту без часток наповнювача; $z2(q)$ – залежність відсоткового вмісту ЗПШ без урахування накладань та взаємопроникнення його областей у КМ

Подальші розрахунки показують, що при вмісті наповнювача q^* критична кількість зерен наповнювача $\lambda^* = 1,26 \cdot 10^6 \text{ см}^{-3}$. Для такого значення параметру λ графік закону розподілу $f(r)$ відстані r від довільно взятого зерна наповнювача до найближчого іншого зерна має характерну форму із максимумом у точці $d^* = 60$ мкм, що є величиною близькою до ефективного діаметра дисперсних часток наповнювача (рис. 3).

Оцінку середньої відстані від поверхні зерна наповнювача з ефективним радіусом r_z до найближчого зерна обчислювали за формулою математичного сподівання [5]:

$$MR[\lambda] = \int_{r_z}^{\infty} s \cdot f(s) ds, \quad (3)$$

де:

$$f(r) = 4\pi \cdot r^2 \cdot \lambda \cdot e^{-\frac{4}{3}\pi \cdot \lambda \cdot r^3}, \quad \int_0^{\infty} f(r) dr = 1.,$$

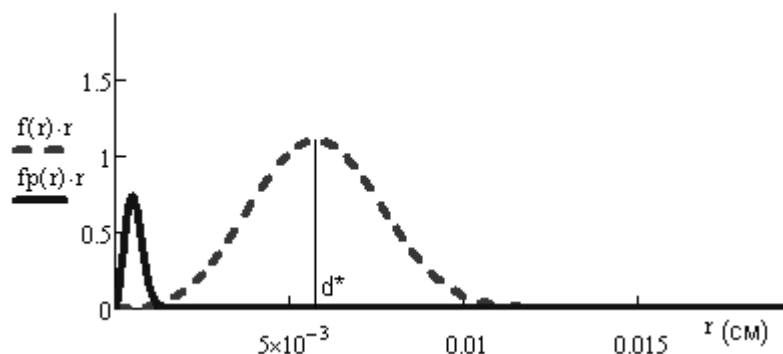


Рисунок 3 – Крива добутку функції щільностей розподілу $f(r)$ для просторового випадку та $fp(r)$ для випадку тонких плівок відстані r від центру довільно взятого зерна наповнювача до найближчого іншого зерна на досліджувану відстань r .

Зауважимо, що закон розподілу відстані до n -того найближчого зерна наповнювача має вид:

$$fn(r) = \frac{a(r)^{n-1}}{(n-1)!} \cdot e^{-a(r)} \cdot 4 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot r^2, \quad a(r) = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot \lambda \cdot r^3.$$

Тому, використовуючи формулу (3), для концентрації λ^* наповнювача у композиті обчислюємо середню відстань між сусідніми поверхнями часток, що становить 48 мкм.

Для отримання аналітичного виразу відстані між ними у вигляді залежності від концентрації λ оцінюємо аналітичний вираз:

$$MR[\lambda] = 4\pi\lambda \cdot \int_{r_z}^{\infty} r^3 \cdot e^{-\frac{4}{3}\pi \cdot \lambda \cdot r^3} dr,$$

інтегруючи його частинами:

$$MR[\lambda] = r_z \cdot e^{-\frac{4}{3}\pi \cdot \lambda \cdot r_z^3} + \frac{\pi^{\frac{2}{3}} \cdot 2^{\frac{1}{3}}}{3^{\frac{7}{6}} \cdot \Gamma\left(\frac{2}{3}\right) \cdot \lambda^{\frac{1}{3}}} - \int_0^{r_z} e^{-\frac{4}{3}\pi \cdot \lambda \cdot r^3} dr,$$

Наближаючи експоненційні функції у виразі степеневими рядами, отримуємо оцінку MR залежності відстаней r між найближчими частками в об'ємі КМ від концентрації наповнювача λ :

$$MR[\lambda] = \frac{0,55}{\sqrt[3]{\lambda}} - \pi \cdot \lambda \cdot r_z^4. \quad (4)$$

Результати вимірювань залишкових напружень у КМ (табл. 1) та формула (4) дають змогу встановити параметричні залежності відстаней між найближчими частками (рис. 1) дисперсного наповнювача із приєднаними ЗПШ і залишковими напруженнями у сформованому композиті та побудувати їх графіки.

Найнижче значення залишкових напружень $\sigma_{зал} = 2,23 \text{ МПа}$ для товщини покриття у межах 0,1...0,2 мм отримуємо для $q = 20$ мас. ч. на 100 мас. ч. олігомера, що відповідає одношаровому заповненню частками наповнювача із приєднаними ЗПШ. Зауважимо, що проекція ЗПШ на основу становить 90%. Товщина такого покриття оцінюється величиною:

$$H1 = 2 \cdot (r_z + a) + h = 2 \cdot (31,5 + 26,8) + 33,0 = 149,6 \approx 150 \text{ (мкм)}.$$

Геометричні розрахунки показують, що найбільша товщина покриття сталюї основи наповненим композитом, при котрій досягають повне покриття проекціями ЗПШ матриці, обчислюється як величина:

$$H2 = \sqrt{3} \cdot (2 \cdot (r_z + a) + MR) = 1,73 \cdot (2 \cdot (31,5 + 26,8) + 47,7) = 279,3 \approx 280 \text{ (мкм)}$$

Вона відповідає наповненню $q = 20$ мас. ч. на 100 мас. ч. олігомера. У цьому випадку досягали потрібного просторового покриття основи. Тоді в епоксикомпозитному покритті отримуємо найнижче значення залишкових напружень $\sigma_{зал} = 2,23 \text{ МПа}$ у діапазоні $\sigma_{зал} = 4,0 \text{ МПа}$ для товщини покриття 0,2...0,3 мм (рис. 4).

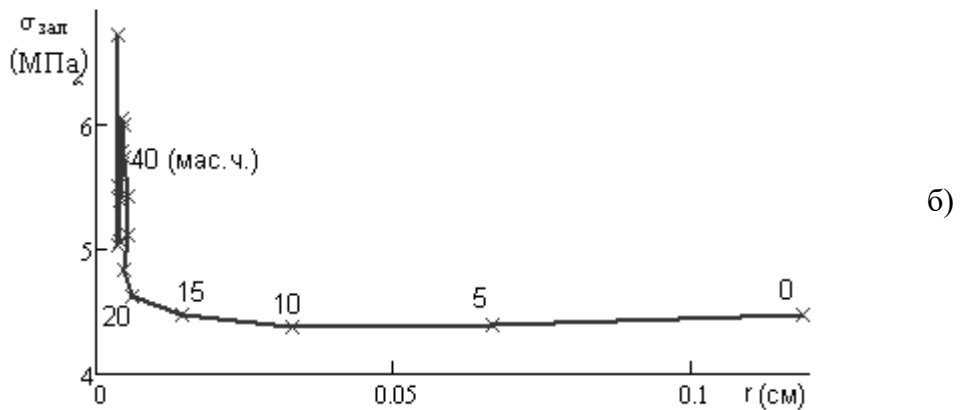
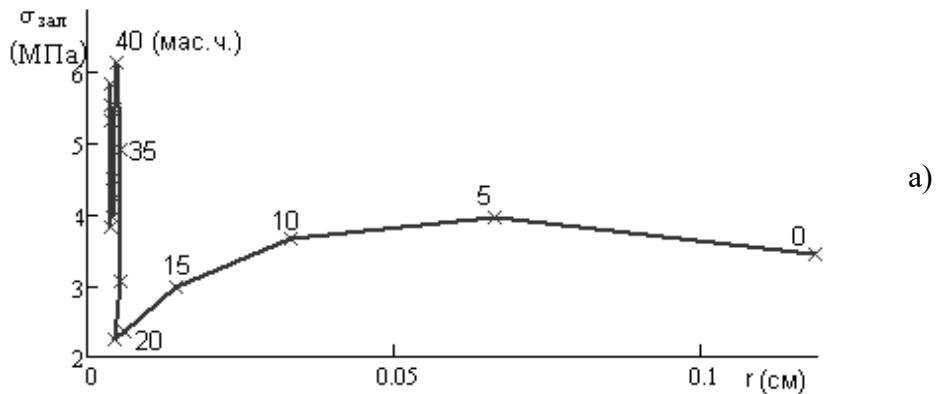


Рисунок 4 – Графіки параметричних залежностей залишкових напружень КМ від відстаней між поверхнями найближчих часток дисперсного наповнювача у матеріалі. Товщина покриття: а) 0,1...0,2 мм; б) 0,2...0,3 мм.

У випадку нанесення покриття товщиною 0,3...0,4 мм та 0,4...0,5 мм отримуємо мінімум величини залишкових напружень 5,48 та 4,22 МПа, що відповідає наповненню $q=25$ мас. ч. на 100 мас. ч. олігомера. Для товщини нанесення покриття 0,5...0,6 мм мінімум залишкових напружень досягали при наповненні $q = 30$ мас. ч. на 100 мас. ч. олігомера, $\sigma_{зал} = 4,18 \text{ МПа}$. У цьому випадку частки наповнювача з приєднаними ЗПШ утворюють просторове найбільш повне покриття, при котрому зовнішні поверхневі шари заповнюють майже весь об'єм олігомера (рис. 5).

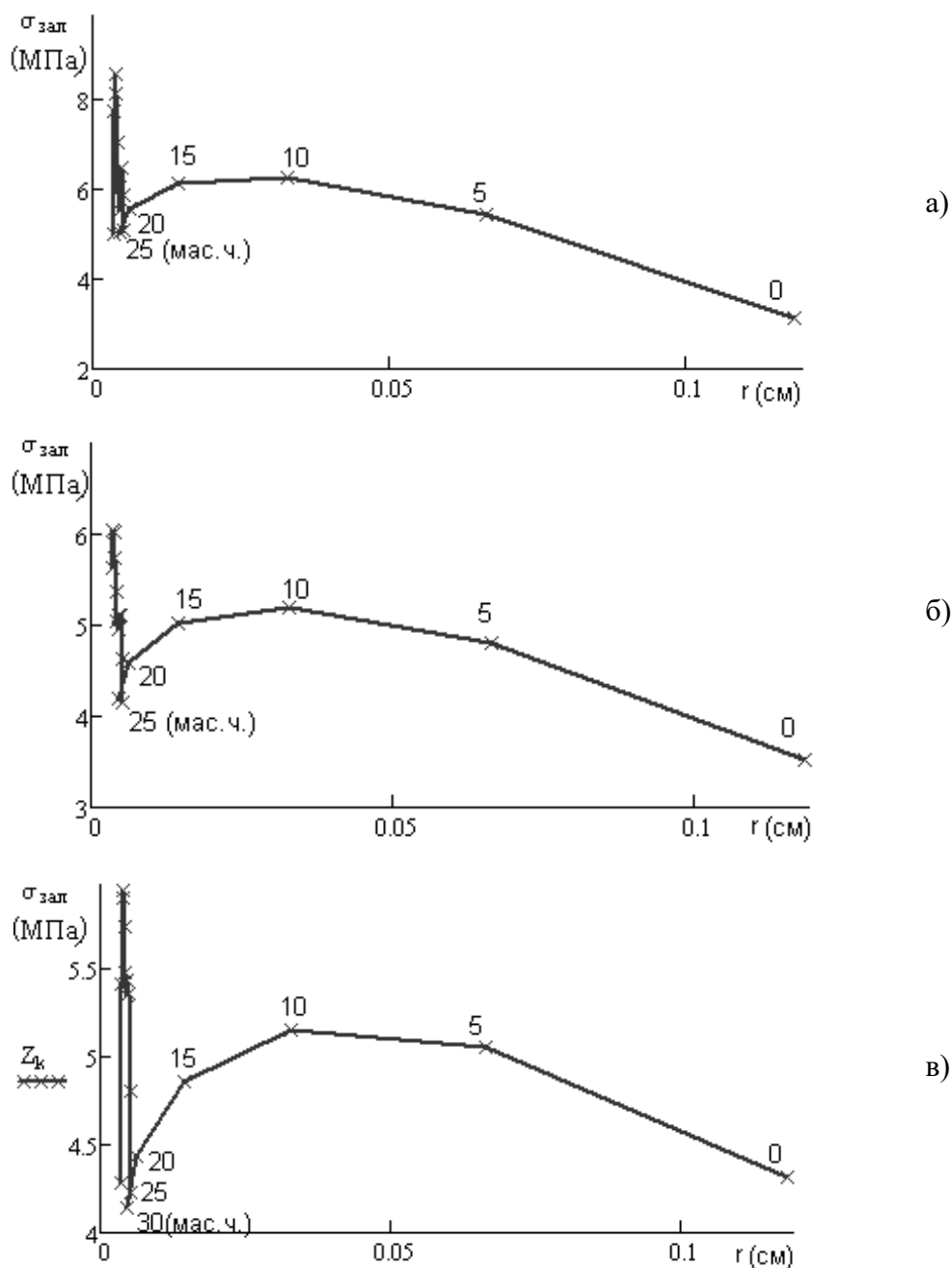


Рисунок 5 – Графіки параметричних залежностей залишкових напружень КМ від відстаней між поверхнями найближчих часток дисперсного наповнювача у матеріалі для різних товщин нанесення покриття: а) 0,3...0,4 мм; б) 0,4...0,5 мм; в) 0,5...0,6 мм.

Ділянки графіків отриманих залежностей, котрі знаходяться зліва від описаних мінімумів, характеризуються значною нерівномірністю і відповідають змінним характеристикам величин ЗПШ. Точки графіків, що відповідають максимумам залишкових напружень для кожного із покриттів, досягали при $q = 40, 80, 40, 80$ та 60 мас. ч. наповнювача на 100 мас.ч. олігомера. Вказаний вміст наповнювача відповідно не може бути рекомендовано для довготривалого використання (рис. 4, 5).

Висновки. Наявність поверхні поділу фаз змінює умови формування полімеру з тривимірною структурою, впливаючи на перебіг хімічної реакції і на ефективну густину тривимірної сітки. Встановлено, що у випадку тонких плівок композитів, котрі співмірні із дисперсністю наповнювача, найменших залишкових напружень вдається досягнути для наповнення $q = 20$ мас. ч. на 100 мас. ч. олігомера. Для покриттів, товщина котрих більша $0,3$ мм, мінімум залишкових напружень отримуємо для $q = 25...30$ мас. ч. наповнювача на

100 мас. ч. олігомера Дослідження у цій галузі дають можливість встановити механізм впливу твердої поверхні наповнювача на структуроутворення матеріалу зв'язувача на межі поділу фаз [6, 7]. Запропонована в роботі методика досліджень може бути використана і для матеріалів з наповнювачами іншої фізичної природи та товщини покриття. Це дозволить у подальшому оптимізувати методи отримання КМ із наперед заданими властивостями.

ЛІТЕРАТУРА

1. Федоров В. Дослідження реологічних і фізико-механічних властивостей матриці для епоксидних покриттів / Федоров В., Шкодзінський О., Білий Л. // Вісник ТДТУ. – 2006. – № 2. – С. 39-43.
2. Бартенев Г.М. Физика и механика полимеров / Бартенев Г.М., Зеленев Ю.В. – М.: Высшая школа, 1983. – 256 с.
3. Карякина М.И. Испытание лакокрасочных материалов и покрытий / Карякина М.И. – М.: Химия, 1988. – 272 с.
4. Цифровое преобразование изображений: Учеб. пособие для вузов / [Р.Е.Быков, Р.Фрайер, К.В.Иванов, А.А.Манцетов]; под ред. проф. Р.Е.Быкова. – М.: Горячая линия – Телеком, 2003. – 228 с.
5. Вентцель Е.С. Теория вероятностей / Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. – М.: Наука, 1969. – 368 с.
6. Липатов Ю.С. Физико-химические процессы на границе раздела в полимерных композициях / Липатов Ю.С. // В кн. Физическая химия полимерных композиций. – К.: Наукова думка, 1974. – С. 3-17.
7. Букетов А.В. Фізико-хімічні процеси при формуванні епоксикомпозитних матеріалів / Букетов А.В., Стухляк П.Д., Кальба Є.М. – Тернопіль: Збруч, 2005. – 182 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПРИРОДИ НАПОВНЮВАЧІВ – ВІДХОДІВ ПРОМИСЛОВОГО ВИРОБНИЦТВА НА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПЛАСТИФІКОВАНИХ ЕПОКСИКОМПОЗИТІВ

Стухляк П.Д.

Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя (Україна)

Редько О.І.

Луцький національний технічний університет (Україна)

Для збільшення ресурсу роботи технологічного устаткування, яке експлуатується у виробничих умовах при дії агресивних середовищ і гідроабразивного зношування, використовують полімерні композитні матеріали (КМ) у вигляді захисних покриттів. Відомо, що нанесення на деталі обладнання полімерних КМ, порівняно з електrolітичними чи дифузійними покриттями, дозволяє збільшити довговічність устаткування у 2...3 рази [1]. При цьому для них характерні високі показники залишкових напружень і термічного коефіцієнта лінійного розширення, а також недостатні реологічні властивості: течія і тиксотропія. Поліпшення наведених вище показників, а також фізико-механічних властивостей епоксидних матриць досягають введенням пластифікаторів. У такому випадку при зшиванні формується композит з надмолекулярною глобулярною чи фібрилярною структурою, що дозволяє збільшити вміст гель-фракції, а, отже, поліпшити когезійні та адгезійні властивості матриць [2, 3].

Встановлено, що підвищення експлуатаційних характеристик полімерних КМ досягають введенням активних до взаємодії з макромолекулами епоксидного олігомера дисперсних наповнювачів [2]. Однак, важливою умовою при виборі наповнювачів є їх хімічна, термодинамічна і кінетична активність, розвинута сировинна база у межах України. При цьому важливим є попередній аналіз геометричної форми, дисперсності, топології поверхні, механічних властивостей, хімічного складу й активності (наявність каталітично і фізично-активних центрів на поверхні) дисперсних часток.

Слід зазначити, що введення дисперсних наповнювачів призводить до зміни структури полімера навколо часток – матеріал переходить у стан зовнішніх поверхневих шарів (ЗПШ). Полімер у стані ЗПШ відзначається більшим ступенем зшивання, на що вказують дослідження вмісту гель-фракції і поліпшення когезійних властивостей, порівняно з властивостями матеріалу полімера в об'ємі. Отже, доцільним є встановлення оптимального або критичного вмісту дисперсних часток в епоксидному зв'язувачі для переведення полімера майже повністю у стан ЗПШ. При цьому буде формуватись КМ з високими експлуатаційними характеристиками.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кербер М.Л., Виноградов В.М., Головкин Г.С. и др. Полимерные композиционные материалы: Структура, свойства, технология: Учебное пособие. / Под общ. ред. А.А.Берлина. – М.: Профессия, 2008. – 557 с.
2. Kal'ba E.M., Buketov A.V., Savchuk P.P. and Holotenko S.M. Adhesion strength of polymer-containing protective coatings // Materials Science. Chemistry and Materials Science. – New York. – Volume 35, Number 1/January. – 1999. – P. 125-128.
3. Фабуляк Ф.Г. Молекулярная подвижность полимеров в поверхностных слоях. – К.: Наукова думка, 1983. – 144 с.

РОЗРОБКА ТА ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ІЗ ПОЛІМЕР-КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ РЕМОНТУ ІМПОРТНОГО ОБЛАДНАННЯ КОМПРЕСОРНИХ СТАНЦІЙ МАГІСТРАЛЬНИХ ГАЗОПРОВОДІВ

Ярема І.Т., Колибаб'юк П.А.

Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя (Україна)

Букетов А.В.

ВНЗ «Херсонський державний морський інститут» (Україна)

Газотранспортна система (ГТС) України за розгалуженістю посідає друге місце у Європі і є сполучною ланкою між основними країнами-споживачами і країнами-постачальниками природного газу з Росії та Середньої Азії. Близько половини газопроводів, газоперекачувальних агрегатів та систем автоматичного керування відпрацювало 25 і більше років. Переважна кількість обладнання відпрацювала понад 70% ресурсу, а приблизно 50% цього обладнання – повністю або наближається до цієї межі. Особливої гостроти набуває проблема забезпечення запасними частинами обладнання імпортного виробництва, частка якого в ГТС України складає близько 80%.

Авторами розроблено нові конструкції деталей із полімерних композиційних матеріалів для ремонту запірної арматури та вузлів газоперекачувальних агрегатів імпортного виробництва. Так, для кранів малих діаметрів (від Ду-8 до Ду-100) фірм «Грове» (Італія), «Біттер» (ФРН), «Пленті» (Великобританія) розроблено та виготовлено з вітчизняних полімеркомпозитних матеріалів ущільнення кульових затворів чохового типу. Конструкція таких ущільнень дозволяє встановлювати їх з натягом на сідла кранів без демонтажу штатних ущільнень, а лише з проточуванням їх пошкодженої частини до площини металевого сідла.

У системі ущільнень ротора нагнітачів газу магістральних газопроводів зарубіжного виробництва фірм «Купер Бесемер» (США), «Нуово Піньоне» (Італія), «НЗЛ» (Росія) передбачено ряд лабіринтних ущільнень різних типорозмірів з алюмінієвих сплавів. Внаслідок поломки гребенів штатні ущільнення, як правило, ремонту не підлягають. Тому були запропоновані варіанти пластмасового та метало-пластмасового ущільнення із застосуванням пластмасових вставок, запресованих у корпусі металеві обійми. В усіх варіантах конструкцій принципово новою є розрахована форма, профіль та геометричні розміри ущільнюючих гребенів.

Для ремонту муфти з'єднання насоса ущільнюючого мастила з електродвигуном нагнітача PCL-804/2-56 потужністю 25 МВт фірми «Нуово Піньоне» нами розроблена нова конструкція пружного елемента. Для його виготовлення розроблений новий композиційний матеріал на основі пластифікованого поліаміду-12 підвищеної еластичності та ударної в'язкості. Цей елемент виконано у вигляді восьмипроменевої зірочки з бочкоподібними профілями променів. Спроектвана технологічна оснастка та розроблена технологія виготовлення пружного елемента методом лиття під тиском на ливарних машинах.

Нові конструкції вищезгаданих деталей успішно використовуються при ремонті та експлуатації імпортного обладнання на компресорних станціях магістральних газопроводів УМГ «Черкаситрансгаз» та «Прикарпаттрансгаз».

**СЕКЦІЯ 7:
ЗАХИСТ ДОВКІЛЛЯ ТА ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА**

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ДНЕПРОВСКО-БУГСКОМ ЛИМАНЕ

Александрова Н.Г., Степкова В.В.

Вуз «Херсонский государственный морской институт» (Украина)

Минаева Г.Н.

Херсонская гидробиологическая станция НАН Украины (Украина)

Вступление. Днепроовско-Бугская устьевая область включает в себя низовье Днепра с поймой, развитой дельтой, множеством пойменных водоемов (протяженность 102 км, площадь 492 км²) и устьем р. Ингулец, низовья Ю. Буга (протяженность 132 км) и Днепроовско-Бугский эстуарий-лиман (протяженность 63 км, площадь 928 км²) с Днепроовским (55 км) и Бугским (47 км) отрогами. Уникальный ландшафт, богатство флоры и фауны Днепроовско-Бугской устьевой области обусловлены ее геологическим прошлым: трансгрессиями (наступлениями) и регрессиями (отступлениями) морских вод, перемещением русла и устья древнего Днепра с востока к западу.

Актуальность исследований. Специфической особенностью формирования гидрохимического режима, и в частности, режима органического вещества в Днепроовско-Бугском лимане является его высокая биологическая продуктивность, что связано с биологическими циклами развития водных организмов в течение года, поступление речного стока из Каховского водохранилища, замыкающего днепровский каскад водохранилищ и наличие постоянного контакта с Черным морем, сопровождающегося процессами смешения речных и морских водных масс. Наблюдаемые в водоеме сгонно-нагонные явления способствуют активизации процессов формирования органического вещества за счет разложения высокой биомассы планктонных организмов [1, 2, 3], а также седиментации и коагуляции. Все эти факторы создают благоприятные условия для развития и жизнедеятельности растительных и животных водных организмов.

Экологическая безопасность, защита низовья Днепра и Южного Буга от полного уничтожения, безопасность судоходства – все эти проблемы требуют комплексного решения. Для Днепро-Бугского лимана, до сегодняшнего дня, не решена проблема складирования, экологически безопасного хранения и утилизации донного ила – сапропеля. Он накапливается в огромных количествах при дночерпании во время ремонтных работ на фарватерах.

Постановка задачи. Статья написана на основании данных исследований 1981-88 гг., в том числе данных мониторинга 1985-88 гг. В ее основу положены материалы, характеризующие органическое вещество по показателям перманганатной окисляемости, а также по изменению биомассы фитопланктона. Поскольку в Днепроовско-Бугском лимане постоянно присутствуют сгонно-нагонные явления, синхронно анализировались материалы по изменению солености по хлоридам, что помогло выявить уровень взаимосвязи органического вещества в лимане и солености. Для исследований взяты средние по водности годы. В 1985 исследования проводились в августе, а в 1986 и 1987 гг. они затронули все летние месяцы и октябрь, в 1988 г. исследования проводились в апреле. Отбор проб воды производился послойно.

Результаты исследований. На основе анализа попусков воды из нижнего бьефа Каховской ГЭС за период с 1955 по 2010 гг. выявлено, что годовой сток Днепра в нижнем бьефе Каховской ГЭС в среднем составляет 43 км³. Однако на протяжении всего этого большого периода встречаются как многоводные годы, так и маловодные годы. Так, многоводными были 1958 г. (66 км³), 1971 г. – 82, 1982 г. – 59, 1998 г. – 57, 1994 г. – 52 км³. Маловодными годами являются 1960 г. – 23 км³, 1964 – 26, 1972 г. – 26 км³, 1984 г. – 24, 1992 г. – 25, 1997 г. – 29 км³. Несмотря на подобные колебания годового стока не менее важно для происходящих в лимане процессов – внутригодовое распределение стока. Исследованиями ученых Института гидробиологии НАН Украины выявлено, что

для поддержания самоочищающей способности Днепроовско-Бугской устьевой области, расходы воды в нижнем бьефе Каховской ГЭС не должны быть менее 500 м³/с. Однако в некоторые годы, особенно в летнее время, таковые встречаются, что показано в таблице 1. На примере приведенных материалов видно, что в летний период, а иногда, начиная с весны, расходы в нижнем бьефе Каховской ГЭС понижаются до минимума, т.е. находятся в пределах: 450-600 м³/с. Как правило, такие низкие попуски относятся не только к маловодным годам, но и к средним по водности и даже к многоводным.

Таблица 1 – Внутригодовое распределение стока воды в нижнем бьефе Каховской ГЭС

Среднемесячные расходы воды в низовье Днепра, м ³ /с													
года	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Годовой сток, км ³
1957	979	1360	1880	2560	2740	1470	1150	826	510	710	695	1650	43,7
1959	2410	1870	2490	2050	1720	1400	523	424	424	697	1050	1520	43,7
1960	560	800	1380	1450	408	358	498	303	250	583	684	1440	23,0
1965	1360	1260	1180	898	470	580	503	715	737	977	1250	938	28,7
1967	1800	2190	2830	2190	2950	1520	746	557	524	672	1120	1090	48,2
1968	1600	1890	2060	1130	1530	862	585	481	686	895	1320	1300	37,7
1972	2340	1350	449	528	732	468	501	434	548	877	883	997	26,7
1979	1991	2288	2657	4676	3695	851	384	585	580	602	993	1139	49,5
1984	672	1772	724	448	414	359	477	555	662	500	946	1545	23,9
1985	1920	1869	1911	1004	1101	1555	1307	987	635	865	1714	1579	43,4
1986	1650	1891	2272	1845	2243	1376	614	391	394	843	944	1166	41,3
1987	1619	1372	1309	480	1130	1760	1200	639	781	1107	1313	1143	36,6
1990	1098	1403	1325	1514	1160	685	571	579	564	1172	1154	2095	35,2
1999	2099	2337	2700	3210	3313	1559	1049	529	547	1122	1549	1798	57,6
2002	1193	1742	1342	1587	809	797	503	525	588	878	1355	1027	32,7
2007	1569	1512	1770	1108	1164	769	537	514	549	926	1363	1170	35,4

Кроме попусков Каховской ГЭС, влияющих на формирование гидрохимического режима Днепроовско-Бугского лимана, немаловажное значение в распределении органического вещества играет неравномерность дна в самом лимане. Особенность лимана в том, что по его дну проходит судоходный канал как до г. Херсона, так и до г. Николаева. Глубины канала колеблются от 11 до 14 м (рис. 1).

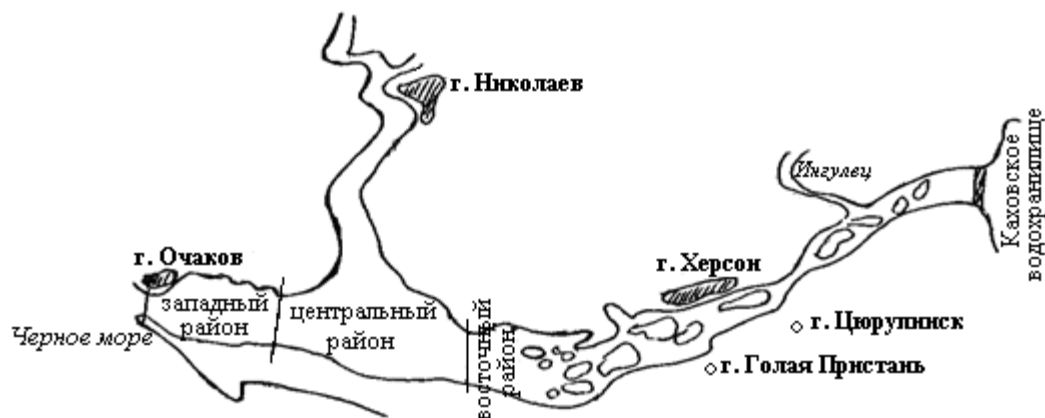


Рисунок 1 – Карта-схема устьевой области Днепра

Наблюдения показали, что при проникновении морской воды в лиман происходит расчленение его водной массы на два плотностных слоя, различных по своим физическим и химическим свойствам: сверху – пресная, внизу – соленая. При этом увеличиваются вертикальные и горизонтальные градиенты содержания в воде хлорид-ионов до 6-9 г/дм³.

Устойчивость плотностной стратификации слоев определяется не только величиной объема попусков воды из Каховского водохранилища в нижний Днепр, но и амплитудой суточных колебаний этого объема. Если они достигают $1000 \text{ м}^3/\text{с}$ и более, то стратификация теряет свою устойчивость, линия раздела становится волнообразной, а слой смешанной воды начинает захватывать все более значительные участки акватории (рис. 1). В этом случае максимальная концентрация органического вещества наблюдалась в западном районе, заполненном морской водой, в котором оно содержится по всей толще воды в концентрациях $19,0\text{-}20,0 \text{ мгО}/\text{дм}^3$. Такое распределение создается в результате действия двух противоположно направленных процессов: волнообразного поступления со стороны Днепра массы речной воды и препятствующего ее продвижению плотной массы, морской. Это приводит к скоплению в западном района сестона, относительно равномерному распределению его по глубине и снижению интенсивности процессов минерализации органического вещества. Концентрация органического вещества уменьшается к устью Днепра: в центральном районе – до $10,0\text{-}13,0 \text{ мгО}/\text{дм}^3$, а в восточном – $5,5\text{-}8,0 \text{ мгО}/\text{дм}^3$. На основании мониторинга были выявлены зависимости органического вещества и хлоридов в канале, которые показали, что наиболее тесная корреляционная зависимость органического вещества, как растворенного, так и взвешенного, от хлоридов прослеживается по всему лиману в 4-метровом слое воды, при этом наиболее сильная связь растворенного органического вещества от солености определена в восточном районе, а слабая – в центральном районе Днепровского лимана. [2, 4]

Основными факторами формирования режима органического вещества является сток Днепра и Южного Буга, водообмен с Черным морем, гидрометеорологические условия в исследуемом районе, жизнедеятельность гидробионтов. Высокая концентрация органического вещества за период исследований обусловлена не только изменением внутригодового перераспределения стока, но и увеличившимся количеством автохтонного органического вещества.

Гидрометеорологические условия (температура, водообмен, направление ветра, сгонно-нагонные явления) оказывают влияние на содержание и распределение органического вещества по акватории лимана. Концентрация органического вещества в значительной степени зависит от суммы температур к моменту исследований, от чего зависит уровень развития гидробионтов, в частности фитопланктона и макрофитов.

Необходимо отметить, что связь концентрации органического вещества с температурой зависит от других одновременно действующих факторов, в частности, наличия температурной и плотностной стратификации в водоеме.

Проанализировав данные за 1981-1985 гг., были построены линейные модели парной регрессии [6]:

1. Зависимость значений взвешенного органического вещества (BOB) от хлоридов (Cl) по створам, учитывая фактор глубины, т.е. модель вида $BOB = f(CL)$.

Доказано, что связи между факторами уменьшаются от поверхности ко дну лимана. Коэффициент корреляции в поверхностном слое и на глубине 4 м соответствует значению, близкому к 0,5. Уравнение регрессии при этом имеют следующий вид: 1) на поверхности: $BOB = 5,578 - 0,0036Cl$; 2) на глубине 4 м: $BOB = 2,585 + 0,0044Cl$. Графики, на которых отложены исходные данные и теоретические прямые, соответствующие полученным уравнениям, приведены на рис. 2, 3.

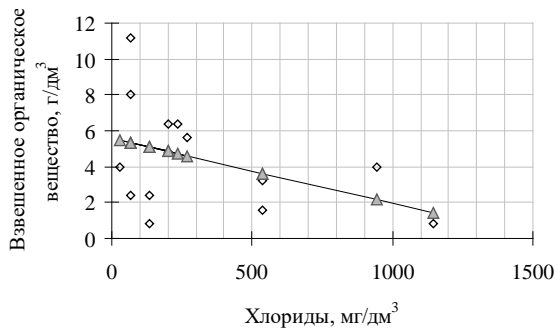


Рисунок 2 – Зависимость взвешенного органического вещества от хлоридов в поверхностном слое лимана

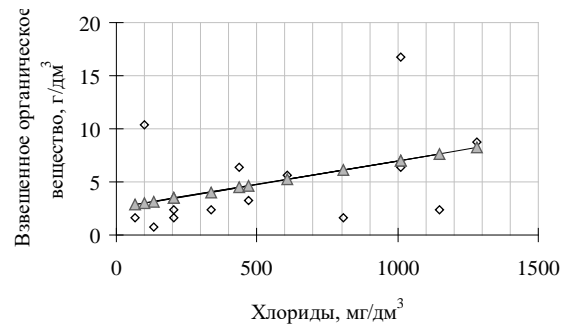


Рисунок 3 – Зависимость взвешенного органического вещества от хлоридов в четырехметровом слое лимана

II. Зависимость значений растворенного органического вещества (POB) от хлоридов (Cl) по створам, учитывая фактор глубины, т.е модель вида $POB = f(CL)$.

Проведенные исследования показали, что наиболее тесная связь между факторами прослеживается на глубине 4 м (рис. 4). Коэффициент корреляции при этом $r = 0,4$. Уравнение регрессии имеет вид: $POB = 11,446 - 0,0041Cl$.

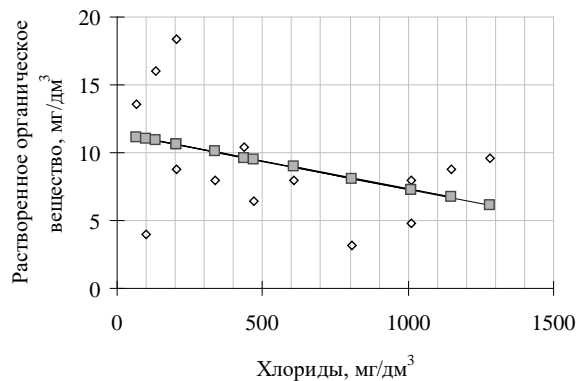


Рисунок 4 – Зависимость растворенного органического вещества в четырехметровом слое лимана

III. Зависимость BOB от хлоридов, при учете разных районов лимана.

Были рассмотрены западный, центральный и восточный районы. Определено, что самая слабая связь наблюдается в центральном районе, что обусловлено неустойчивой гидрологической ситуацией и влиянием Бугского лимана. Более тесная связь присутствует в восточном районе ($r = 0,45$; рис. 5).

IV. Зависимость POB от хлоридов, при учете разных районов лимана. В этом случае слабая связь – в центральном районе, а самая сильная связь – в восточном районе лимана ($r = 0,65$; рис. 6).

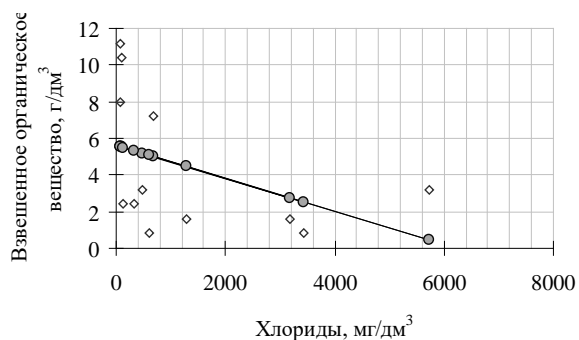


Рисунок 5 – Зависимость значений взвешенного органического вещества от хлоридов в восточном районе лимана

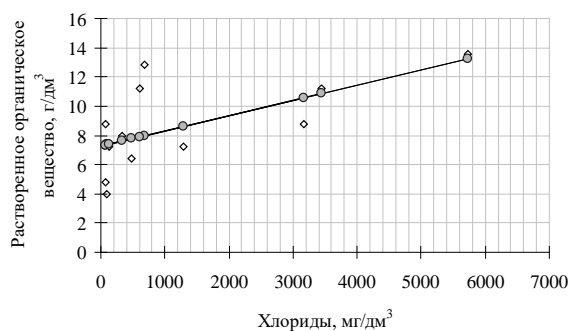


Рисунок 6 – Зависимость значений растворенного органического вещества от хлоридов в восточном районе лимана

Как видно из графиков, а также значений коэффициентов корреляции, достаточно тесная связь наблюдается в модели $POB = f(CL)$ в восточном районе лимана (рис. 6).

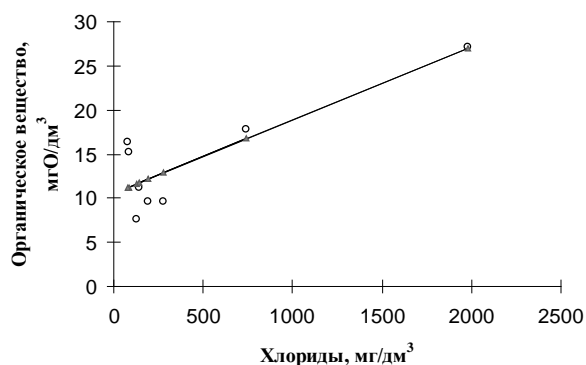


Рисунок 7 – Зависимость значений органического вещества от хлоридов по акватории восточного района Днепроовского лимана в поверхностном слое на фарватере
 $OB = 10,5810 + 0,0082Cl$
 $r = 0,8522$
 - правый берег: $OB = 6,9649 + 0,0083Cl$
 $r = 0,8628$
 - левый берег: $OB = 9,8229 + 0,0067Cl$
 $r = 0,2463$

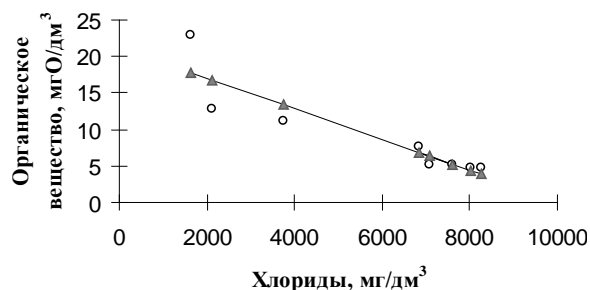


Рисунок 8 – Зависимость значений органического вещества от хлоридов по акватории центрального района Днепроовского лимана в придонном слое на фарватере
 $OB = 21,2334 + 0,0021Cl$
 $r = 0,9053$

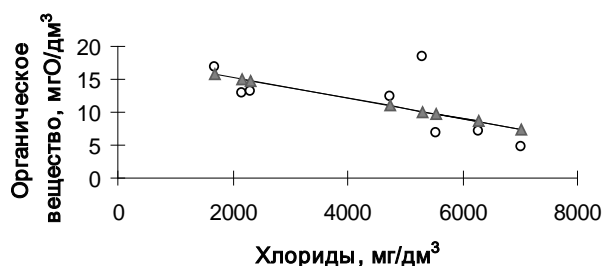


Рисунок 9 – Зависимость значений органического вещества от хлоридов по акватории Бугского лимана в придонном слое на фарватере
 $OB = 18,2783 - 0,0015Cl$
 $r = 0,6459$

Выводы. Таким образом, наиболее тесная корреляционная зависимость органического вещества, как растворенного, так и взвешенного, от хлоридов прослеживается по всему лиману в 4-метровом слое воды, а также в придонном слое. Наиболее сильная связь растворенного органического вещества от солёности определена в восточном районе, а слабая – в поверхностном слое центрального и западного района Днепровского лимана.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жукинський В.Н., Журавлева Л.А., Иванов А.И. и др. Днепровско-Бугская эстуарная система. – Киев: Наукова думка, 1989. – 374 с.
2. Журавлева Л.А. Гидрохимия устьевой области Днепра и Южного Буга в условиях зарегулированного стока. – Киев: Наук. думка, 1988. – 176 с.
3. Тимченко В.М. Эколого-гидроэкологические исследования водоемов Северо-Западного Причерноморья. – Киев: Наук. думка, 1990. – 240 с.
4. Александрова Н.Г. Роль стока органического вещества из р. Днепр в Черное море как результат влияния производственной деятельности. // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2010): Матеріали другої Міжнародної науково-практичної конференції, Том 2. – Херсон: Видавництво Херсонського державного морського інституту, 2010. – 348 с.
5. Александрова Н.Г., Степкова В.В. К вопросу о закономерностях распределения органического вещества в Днепровском лимане. // Збірник наукових статей до Міжнародної науково-практичної конференції «Екологічні проблеми Чорного моря» (28-29 жовтня, 2010, Одеса). – Одеса: Інноваційно-інформаційний центр «ІНВАЦ», 2010 р. – С. 310.
6. Шалабанов А.К., Роганов Д.А. Практикум по эконометрике с применением Ms Excel. – Казань, 2008.

НОВЕ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ПИЛОВЛОВЛЕННЯ НА ТРАНСПОРТІ

Батлук В.А., Басов М.В., Романцов Е.В.
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності
(Україна)

Постановка проблеми. Найбільші досягнення в галузі відцентрового вловлення твердих частинок з газових та рідинних потоків треба відмітити в частині апаратурного оформлення (конструювання), а не наукових розробок, що пояснюється з одного боку накопиченням багаторічного досвіду експлуатації промислових апаратів, а з другого – великою складністю описування окремих явищ і характеристик гетерогенних систем: тверде тіло – газ, тверде тіло – рідина в відцентровому полі. Тому теорія роботи циклонів ще не вдосконалена і не дає можливості розраховувати циклони різних конструкцій. До цього часу тільки емпіричним шляхом вирішується питання про найвигідніші форми циклонів.

Усі вдосконалення, які проводяться в циклонах, можна розділити на наступні групи: при підводі запиленого потоку в апарат (вхідний патрубок), сам корпус апарата, при відводі очищеного повітря з апарата (вихідний патрубок чистого повітря) і пилу (бункер і вихідний патрубок виділеного в ньому пилу).

Ми будемо розглядати тільки варіанти вдосконалень у корпусі апарата, при цьому вихідний патрубок чистого повітря – елемент, що найчастіше піддається дослідженню. Це зв'язано з необхідністю боротьби з вторинним виносом дрібнодисперсного пилу за рахунок радіальних стоків.

Аналіз останніх досягнень. Усі вдосконалення в корпусі апарата проводяться з метою збільшення ефективності пиловловлення та зменшення гідравлічного опору циклонів за рахунок регулювання вторинного виносу дрібнодисперсних частинок через патрубок виходу чистого повітря. Гідравлічний опір визначає енергію, що затрачується на процес пилоочистки і, таким чином, його вартість. Геометрична форма і конструкція вихлопного патрубку роблять основний внесок у загальний гідравлічний опір апарата, який збільшується при зменшенні його діаметра та збільшенні глибини його входу в апарат. Тому більшість удосконалень вихідного патрубку чистого повітря оснований:

- на зміні його форми (циліндрична, конічна, циліндрично-конічна, спіральна);
- на оснащенні його зубцями, направляючими спіралями, вібруючими елементами, нахиленими соплами, перфорованими отворами.

Усі ці вдосконалення призводять до незначного підвищення ефективності пиловловлення і зменшення гідравлічного опору.

У зв'язку з тим, що обертовий рух пилоповітряної суміші, що поступає у вихідний патрубок, затухає дуже повільно, то для утворення аеродинамічного вентиляційного ефекту навколо вихідного патрубку чистого повітря встановлюють: конічний, спіральний, лопасний, гвинтово-лопасний розкручувач, крильчатку, гвинтову направляючу.

Для стабілізації руху пилоповітряної суміші всередині корпусу циклона і запобігання попадання дрібнодисперсного пилу в патрубок виходу чистого повітря, в корпусі апарата співвісно встановлюють суцільні циліндричні, конічні, циліндрично-конічні, спіральні, перфоровані камери або стержні по осі апарата, причому перфоровані камери існують циліндричні, конічні, циліндрично-конічні.

Усі ці вдосконалення показали можливість незначного зменшення гідравлічного опору апарата, але ефективність пиловловлення при цьому або зменшується, або лишається без змін.

Для підвищення ефективності очистки повітря від пилу і для зменшення виносу з апарата дрібнодисперсних фракцій на вихлопних патрубках монтують додаткові пристрої, що є другою ступенню пилоочистки: пилові камери, мультициклони, які дозволяють

значно підвищити ефективність пиловловлення, але і збільшують при цьому гідравлічний опір.

Шляхом досліджень на стандартному експериментальному стенді в НУ «Львівська політехніка» на стандартному кварцевому піску з певним медіанним розміром ми вибрали в якості еталону найефективніший з існуючих апаратів сухого знепилення – циклон ЦН-11, з яким і будемо порівнювати параметри новостворених пиловловлювачів.

Метою роботи є досягнення значного підвищення ефективності пилоочистки від дрібнодисперсного пилу при зменшенні гідравлічного опору та габаритів апарата, шляхом виконання певним чином корпуса апарата.

Виклад основного матеріалу. Робота пиловловлювача буде зрозумілою з рисунку і опису.

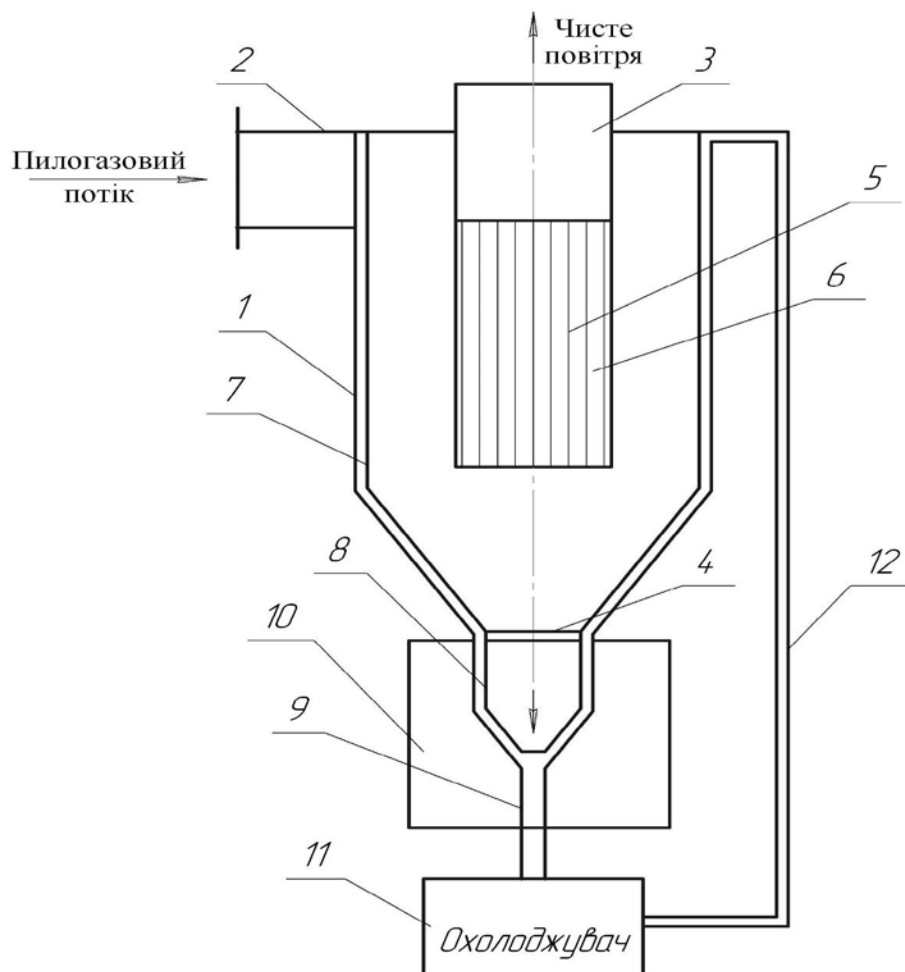


Рисунок 1 – Будова пиловловлювача

Пиловловлювач працює наступним чином. Пилоповітряний потік за рахунок дії відцентрових сил після його входу в апарат тангенційно через патрубок 2 розділилося на два гвинтоподібних потоки: перший – вздовж стінки 7 корпусу 1, другий – навколо жалюзійного відокремлювача 5. У другому потоці частинки пилу не встигають за рухом повітря, яке круто повертає в щілини між жалюзі відокремлювача, через наявність сил інерції: які діють на них, попадають на жалюзі, відбиваються від них доти, доки не відіб'ються до стінки корпусу апарата і не підхопляться першим потоком, що рухається до пилівипускного патрубка 4. Пил, який рухається гвинтоподібно вздовж стінки 7 корпусу 1, весь час охолоджується за рахунок того, що в каналі, утвореному стінками 1 і 7 корпусу, також зверху вниз рухається охолоджена в охолоджувачі 11 вода, призначення якої не тільки охолодити виділений пил і пилогазовий потік, який рухається в просторі між стінкою 7 апарата та жалюзійним відокремлювачем 5, а ще притягнути до себе виділений

в пиловловлювачі пил за рахунок утвореної біля стінки корпусу апарата різниці температур.

Таблиця 1.

Витрата повітря, м ³ /Г	Відношення висоти циліндричної частини відокремлювача до висоти його конічної частини	Ефективність пиловловлення, %	
		Запропонованого	Циклона ЦН-11
1	2	3	4
1000	0	83.1	82.3
	1	84.8	-
	1.1	85.1	-
	1.2	95.6	-
	1.3	89.1	-
	1.4	89.0	-
	1.5	89.1	-
1000	1.6	89.1	82.3
	1.7	84.9	-
	1.8	83.6	-
	2.0	82.0	-
	2000	0	84.0
	1	95.0	-
	1.1	85.6	-
	1.2	86.5	-
	1.3	90.2	-
	1.4	90.0	-
	1.5	90.2	-
	1.6	90.1	-
	1.7	85.2	-
	1.8	84.4	-
	2.0	83.0	-
3000	0	84.5	85.5
	1	85.6	-
	1.1	86.1	-
	1.2	87.0	-
	1.3	91.8	-
	1.4	91.7	-
	1.5	91.8	-
	1.6	91.5	-
	1.7	87.4	-
	1.8	86.2	-
	2.0	84.1	-

Вода, яка подається на рівні тангенційного вхідного патрубку 2 через форсунки (на кресленні не показані) в канал, утворений стінками 7 і 1 корпусу апарата рухається в цьому каналі зверху вниз до осьового патрубку 4 виходу пилу і вже в нижній частині в бункері апарата 10 для збирання пилу через конічну воронку 8 цей канал об'єднується в один суцільний трубопровід 9, розташований по осі апарата, який іншим своїм кінцем входить в охолоджувач 11. Охолоджувач 11 оснащений трубопроводом 12, який за допомогою насоса (на кресленні не показаний) приєднує його у верхній частині апарата на рівні вхідного патрубку 2 до каналу, утвореного подвійними стінками 1 та 7 його корпусу.

Ми провели експериментальні дослідження ефективності пиловловлення в залежності від відношення висоти циліндричної частини відокремлювача до висоти його

конічної частини. Дані випробувань наведені в таблиці 1 (експериментальний пил – кварцевий пісок з медіанним діаметром $50 \cdot 10^{-6}$ м).

Як видно з таблиці 1, відношення висоти циліндричної частини до висоти конічної частини $1,3 \div 1,6$ дає максимальну ефективність пиловловлення при різних витратах повітря.

Ми провели експериментальні дослідження ефективності пиловловлення в залежності від ширини каналу, утвореного стінками 1 та 7 апарата. Дані випробувань наведені в таблиці 2 (експериментальний пил – кварцевий пісок з медіанним діаметром (32 та 50) 10^{-6} м. Витрати повітря – $1000 \text{ м}^3/\text{г}$).

Таблиця 2 – Визначення ширини каналу, утвореного стінками 1 та 7 апарата

Розмір пилу, 10^{-6} , м	Ширина каналу, утвореного стінками 1 та 7 апарата, мм	Ефективність роботи, %
32	0	81,9
	2	82,8
	4	83,9
32	5	85,1
	6	85,8
	8	86,2
32	10	87,2
	12	86,5
	14	85,3
32	16	83,9
	20	81,8
50	0	93,1
	2	82,8
	4	84,0
50	5	85,1
	6	87,2
	8	88,0
50	10	89,2
	12	87,8
	14	86,2
50	16	85,1
50	20	84,3

У результаті експериментів доведено, що оптимальною є ширина каналу, утвореного стінками 1 та 7 апарата, яка дорівнює 10 мм.

При ширині нижчій за 10 мм стінки корпусу апарата 1 та 7 ближче притискаються одна до другої і вода, по-перше, буде мати більшу швидкість протікання і для її подачі необхідно більш потужний насос, а, по-друге, її температура буде така ж сама, як і при ширині каналу в 10 мм.

При збільшенні цієї ширини понад 10 мм стінки корпусу апарата 1 та 7 віддаляються одна від другої і тоді, по-перше, швидше охолоджується вода, а, по-друге, її швидкість падає і всього цього разом недостатньо для отримання необхідного ефекту.

Величина, яка дорівнює 10 мм, є оптимальною, тому що при такому варіанті досягається постійна, стала швидкість руху води всередині каналу, утвореного стінками 1 та 7 апарата, і її температура буде достатньою для досягнення запланованого ефекту.

На експериментальному стенді національного університету «Львівська політехніка» проведено порівняльні дослідження запропонованого пиловловлювача з найбільш поширеним апаратом циклоном ЦН-11, результати яких наведено в табл. 3.

У якості експериментального пилу прийнято кварцовий пісок із медіанним діаметром $(8,32,50) \cdot 10^{-6}$ м.

Таблиця 3 – Порівняльні дослідження пиловловлювачів

Витрата повітря, м ³ /год.	Медіанний діаметр пилу, 10 ⁻⁶ м	Ефективність роботи, %		Гідравлічний тиск, Па	
		Запропонованого	Циклона ЦН-11	Запропонованого	Циклона ЦН-11
1000	8	81,0	64,4	900	1200
2000		81,9	67,5	1100	1500
3000		82,5	68,6	1360	1600
3500		81,8	67,4	1400	1650
1000	32	87,1	71,1	900	1200
2000		89,3	72,9	1100	1500
3000		90,2	73,5	1360	1600
3500		84,6	72,8	1400	1650
1000	50	89,1	89,1	900	1200
2000		90,3	91,8	1100	1500
3000		92,5	93,7	1360	1600
3500		87,2	91,9	1400	1650

Таким чином, у наведеній конструкції відбувається: вирівнювання потоків усередині корпусу апарата, заспокоєння потоку, зниження швидкості турбулентних вихорів, зменшення радіусу вторинного вихору, який рухається гвинтоподібно знизу вверх назустріч руху пилогазової суміші, яка рухається зверху донизу і виключається підсос газу в системі, а це, в свою чергу, значно підвищує ефективність роботи апарата, і знижує його гідравлічний опір. Як видно з таблиці 1, нам вдалося збільшити ефективність пиловловлення в запропонованому пиловловлювачі на 2-3 % в порівнянні з прототипом, зменшивши гідравлічний опір його в 1,2-1,4 рази.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Шляхом створення цілого ряду пиловловлювачів нам вдалося досягти значного збільшення (6 – 8%) ефективності вловлення дрібнодисперсного пилу $(8 \text{ і } 16) \cdot 10^{-6}$ м у порівнянні з еталоном – циклоном ЦН-11 при зменшенні їх гідравлічного опору і витрат металу (менші габаритні розміри). Апарат першого типу, в якому вдалося досягти невеликого збільшення показників роботи, всеодно на 1-2% перевищує ефективність роботи еталона.

Створивши цілий ряд апаратів пиловловлення, нам вдалося задовольнити (по вимогам дотримання норм ГДК) цілий ряд галузей промисловості, тому що в залежності від типу пилу та технологічних умов виробництва можна вибрати найбільш придатний до цих вимог тип пиловловлювача, для якого нами створена автоматизована система (за допомогою ЕОМ) такого вибору.

У даний час йде впровадження цілого ряду запропонованих пиловловлювачів при роботі транспорту, при обробці деревини, переробці відходів гуми, виробництві цементу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Батлук В.А., Романцов Е.В. Пиловловлювач із водяною сорочкою / Патент на корисну модель № 50556 Заявка № и200914006В01Д45/00 від 31.12.2009. Опубл 10.06.2010, Бюл. №11 2010 р.

2. Батлук В.А., Романцов Е.В., Параняк Н.М. Рівень забруднення атмосферного повітря та його вплив на стан здоров'я населення України // Збірник наукових праць «Строительство, материаловедение, машиностроение» № 52, Серія «Безопасность жизнедеятельности», Днепропетровськ, 2010 р. – С. 205-210.

СТВОРЕННЯ САНІТАРНО-ГІГІЄНИЧНИХ УМОВ ПРАЦІ В КОКСОХІМІЧНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Батлук В.А., Макарчук В.Г., Проскуріна І.В.
Національний університет «Львівська політехніка»
(Україна)

Вступ. Незважаючи на різке зниження розвитку виробництва, екологічну ситуацію в Україні можна назвати критичною, що також посилюється складним економічним станом нашої держави.

Сьогодні чорна металургія й особливо її галузь – коксохімічне виробництво є найбільшим джерелом забруднення навколишнього середовища. У регіонах, де розташоване коксохімічне виробництво, постійно зберігається екологічна напруженість, причому вона піддана сезонним коливанням, різко погіршуючись у літні місяці року. Пояснюється це тим, що в літні місяці витрати коксового газу на власні потреби коксохімічного виробництва значно скорочуються, і тому його вивільнені ресурси просто спалюються на «свічах» або викидаються без доспалювання в атмосферу. Крім того санітарно-гігієнічні умови праці в цій галузі досягли найгіршого рівня.

Перед вдуванням у доменну піч колошниковий газ необхідно очистити. На першому етапі газ проходить стандартне тріступінчасте очищення від пилу: грубе, напівтонке й тонке. Розроблено дві схеми очищення доменного газу – мокра й суха.

За мокрою схемою газ із колошника доменної печі по газоходу відводиться в систему газоочистки. У сухому пиловловлювачі інерційного або відцентрового типу доменний газ очищається від великого пилу до кінцевого пиловмісту 5-10 мг/м³.

Особлива увага при будівництві нової коксової батареї приділяється екологічній безпеці. Зниження викидів при видачі коксу буде досягатися застосуванням установок безпилової видачі коксу зі стаціонарним збірним колектором і з сухим очищенням запиленого повітря в циклонах і рукавних фільтрах, а також передбаченням максимального ступеня механізації трудомістких робіт під час виконання технологічних операцій.

Важливим є й те, що вона буде оснащена установкою сухого гасіння коксу, що значно поліпшить санітарно-гігієнічні умови праці не тільки в самому коксохімічному виробництві, але й на прилеглий до нього території, оскільки будуть гранично мінімізовані викиди в атмосферу таких речовин, як аміак, феноли, сірчані й сірчисті з'єднання.

Для забезпечення ефективного очищення запиленого повітря в даний час застосовується двоступінчастий сухий спосіб очищення. Як перший ступінь очищення встановлено циклони, а другий ступінь – тканинні рукавні фільтри як найбільш ефективні пилоочисні апарати в наш час для даних умов.

Система безпилової видачі коксу дозволяє значно поліпшити екологічну обстановку на коксовій батареї, максимально знизити викиди в атмосферу й створити сприятливі умови праці персоналу.

Метою роботи є створення такого пиловловлювача, в якому система доочистки повітря від дрібнодисперсного пилу забезпечується виконанням певним чином в одному апараті третього ступеня – мокрої очистки, що дозволяє виділити з уже очищеного потоку найдрібніші фракції і транспортувати їх зверху вниз у напрямку до пиловипускного патрубка і за рахунок цього збільшити ефективність роботи апарату.

Основний матеріал. З цією метою авторами статті запропонована конструкція мокрого пиловловлювача із спеціальною формою жалюзі (рис. 1, 2), який працює наступним чином. Пилоповітряна суміш через тангенційний вхідний патрубок 2 вводиться в простір, утворений корпусом апарата 1 і жалюзійним відокремлювачем 5, де за рахунок дії відцентрових сил після його входу в апарат тангенційно через патрубок 2 розділилося

на два гвинтоподібних потоки: перший – вздовж стінки корпуса 1, другий – навколо жалюзійного відокремлювача 5. У другому потоці частинки пилу не встигають за рухом повітря, яке круто повертає в щілини між жалюзі 6 відокремлювача, через наявність сил інерції, які діють на них, попадають на жалюзі 6, відбиваються від них доти, доки не відіб'ються до стінки корпуса апарата 1 і не підхопляться першим потоком, що рухається до пиловипускного патрубку 4. Крім того, виконання частини корпуса конічним запобігає подальшому змішуванню виділеного пилу, що рухається вздовж стінки корпуса, з потоком, що йде на доочистку в відокремлювачі за рахунок збільшення відстані між ними.

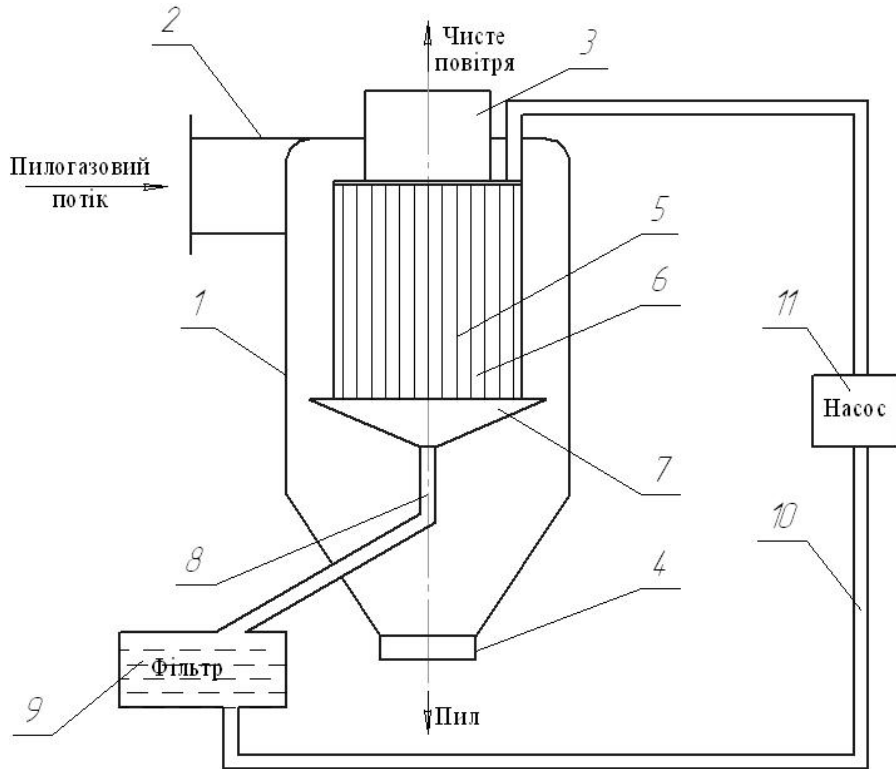


Рисунок 1 – Мокрий пиловловлювач



Рисунок 2 – Жалюзійний відокремлювач

Більш дрібні частинки пилу захоплюються потоком повітря до жалюзійного відокремлювача 5 (рис. 2). Повітря проходить інерційний відокремлювач 5 крізь щілини 16, що розміщені між жалюзі 6 і пастками 14. При цьому повітря робить різкий поворот малого радіуса на кут більший за 90° , але менший за 180° . Дрібні частинки пилу також виконують поворот у напрямку щілини 16, але, завдяки силі інерції, радіус повороту в них значно більший, ніж у повітря, за рахунок чого дрібні пилові частинки пролітають мимо щілини 16, стикаються з жалюзі 6, відбиваються від них або сповзають по їх поверхні (залежно від маси і пружності частинок, місця їх попадання на жалюзі та кута,

під яким відбувається удар частинки з жалюзі) і попадають у вхідну щілину пасток 12. Якщо пилова частинка дуже сильно відіб'ється від жалюзі 6, вона знову попадає до пилоповітряного потоку, що обертається навколо жалюзійного відокремлювача, знов вдаряється об одну з наступних жалюзі доти, доки не попадуть у щілину пастки 12. Частинки пилу, попавши в пастки через вхідні щілини 12, рухаються в них спочатку вздовж каналу пастки 14 вниз, де знов попадають у пиловий потік великодисперсних фракцій пилу, який рухається паралельним курсом зверху вниз вздовж стінки корпусу апарата і транспортується через пиловипускний патрубок 4 в бункер для збирання пилу (на кресленні не показаний). Із жалюзійного відокремлювача 5 очищене повітря, що пройшло крізь щілини 16 через вихлопну трубу 3, викидається назовні.

Очищений від великодисперсного пилу потік, доочищений додатково в другій ступені очищення – жалюзійному відокремлювачі 5, проходить через щілини 16 між жалюзі 6 усередину відокремлювача 5 і попадає під дію четвертої ступені очищення – потоком води, який рухається вздовж жалюзі 6 по її внутрішній стороні. Пил, який не відбився від жалюзі 6 назад у корпус апарата і пролетів мимо вхідної щілини пастки 12, проноситься всередину жалюзійного відокремлювача 5 і попадає у водяний потік, який рухається вздовж поверхні жалюзі 6 по каналу 14, утвореному пасткою 13. Вода подається через систему водопостачання, яка складається з трубопроводу 10 і насоса 11, після очищення у фільтрі 9 до форсунок для води, розташованих у верхній частині жалюзі 6 на рівні нижнього краю патрубка для виходу очищеного повітря 3, через які розпилюється на жалюзі 6 відокремлювача 5. Вода після попадання на жалюзі 6 у верхній їх частині опускається вниз по її внутрішній поверхні по вертикальному каналу 14, утвореному пасткою 13 жалюзі 6 і при цьому захоплює дрібнодисперсні частинки пилу, які несуться разом з потоком, і транспортує їх вниз у конічне дно 7 – для збору пиловодяної суміші, звідки по трубопроводу 8 – у фільтр 9, де відбувається відокремлення пилу від води. Після цього очищена вода по трубопроводу 10 за допомогою насоса 11 подається примусово до форсунок для води, розташованих на рівні нижнього краю патрубка для виходу очищеного повітря 3.

Перевагою запропонованого пиловловлювача є те, що він має третю ступінь очищення – у пастці 12, тобто пил, який не відбився жалюзі 6 назад всередину корпусу апарата, проскакує в щілину 16 між жалюзі і попадає у вхідний отвір пастки 12 жалюзі 6, звідки вже самостійно вибратися не може і опускається під дією сили ваги зверху вниз по каналу 14 пастки 12, розташованому із зовнішньої вигнутої сторони жалюзі аж до нижнього краю жалюзійного відокремлювача 5, де змішується з потоком великодисперсних фракцій пилу, який рухається паралельним курсом зверху вниз вздовж стінки корпусу апарата і транспортується через пиловипускний патрубок 4 в бункер для збирання пилу (на кресленні не показаний).

Істотною перевагою запропонованого пиловловлювача є те, що він має четверту ступінь очищення – мокру очистку. Вода подається форсунками 9 на кожну жалюзі 6 з її внутрішньої сторони (сторони, яка повернута до осі апарата) всередину пастки 13 її і під дією сили ваги опускається по кожній жалюзі по каналу 15, утвореному пастками 13 жалюзі зверху вниз в напрямку до пиловипускного патрубка 4, проходячи через конічне дно 7, патрубок 8 до фільтра 9 для очищення води від дрібнодисперсного пилу в бункер фільтра (на кресленні не показаний), і патрубок 10 за допомогою насоса 11 знов до форсунок для води у верхню частину відокремлювача, тобто в прототипі процес очистки повітря від пилу відбувається в два етапи, і той дрібнодисперсний пил, який проноситься потоком через отвори 16 між жалюзі 6 відокремлювача 5 вже не вловлюється і виноситься назовні через патрубок 3 виходу очищеного повітря.

У запропонованій конструкції апарату мокра доочистка повітря водою, що рухається по внутрішній стороні жалюзі 6, дозволяє виділити з потоку найдрібніші частинки пилу, які є найнебезпечнішими, і звичайно тим самим збільшити ефективність пиловловлення.

На багатьох підприємствах України вода є у дефіциті, що гальмує впровадження у виробництво цілого ряду мокрих пиловловлювачів, тому нами було поставлене завдання мінімізувати кількісні втрати води, що і було реалізоване у запропонованій конструкції апарата шляхом створення в тілі жалюзі пасток певної форми, які не дають розбризкуватися воді. Крім того у наведеній конструкції апарата вода необхідна не для насичення пилу водою, а тільки для зволоження дрібнодисперсного пилу, який попав всередину жалюзійного відокремлювача, не виділившись у попередніх трьох ступенях очистки. Крім того у запропонованій конструкції система водопостачання є замкнутою, тобто вода зразу ж в системі пиловловлювача очищується від пилу у фільтрі і насосом через систему трубопроводів знов подається у верхню частину жалюзійного відокремлювача. Зменшення необхідної кількості води досягається за рахунок того, що змочуванню піддається тільки та невелика кількість дрібнодисперсного пилу, яка у звичайних апаратах викидається назовні разом з очищеним повітрям, тобто та частина пилу, яка значно впливає на ефективність роботи пиловловлювача.

Метою експериментальних досліджень є визначення:

1. залежності ефективності роботи пиловловлювача від: дисперсного складу пилу; витрат повітря в стенді; конструкції жалюзійного відокремлювача.
2. залежність гідравлічного опору апарата від: витрат повітря в стенді; конструкції жалюзійного відокремлювача.
3. шляхом порівняльних досліджень визначення переваг запропонованого пиловловлювача перед інерційно-відцентровим апаратом, який встановлений у якості першого ступеня очищення в існуючій установці.

При зменшенні швидкостей руху потоку в корпусі апарата, при проходженні через отвори між жалюзі, згідно з законом Бернуллі, збільшується статичний тиск навколо відокремлювача. При наявності наведених вище оптимальних умов роботи апарата значно зменшується підсос газу в місці стику корпусу з бункером, а по центру пиловловлювача з бункера його рухається вторинний гвинтоподібний вихор знизу вгору зі значно меншими радіусом і швидкістю, що зменшує або виключає взагалі, кількість захопленого ним пилу, а це в свою чергу призводить до збільшення ефективності пиловловлення.

На експериментальному стенді Національного університету «Львівська політехніка» проведено порівняльні дослідження запропонованого пиловловлювача з відцентрово-інерційним апаратом, встановленого в діючій установці, результати яких наведено в табл. 1.

У якості експериментального пилу прийнято кварцовий пісок із медіанним діаметром $(8, 32, 50) \cdot 10^{-6}$ м.

Таблиця 1 – Порівняльні дослідження пиловловлювачів.

Витрата повітря, м ³ /год.	Медіанний діаметр пилу, 10 ⁻⁶ м	Ефективність роботи, %	
		Запропонованого	Існуючого
1000	8	92,0	84,4
2000		92,9	87,5
3000		93,5	88,6
3500		92,8	87,4
1000	32	94,1	91,1
2000		95,3	92,9
3000		96,2	93,5
3500		95,6	92,8
1000	50	97,6	95,1
2000		98,3	95,8
3000		98,51	96,7
3500		98,2	95,9

Запропонована конструкція пиловловлювача дозволяє зберегти постійними як

швидкість руху пилогазового потоку в корпусі пиловловлювача, так і при проходженні через щілини між жалюзі відокремлювача.

Таким чином, у наведеній конструкції відбувається: вирівнювання потоків усередині корпусу апарата, заспокоєння потоку, зниження швидкості турбулентних вихорів, зменшення радіусу вторинного вихору, який рухається гвинтоподібно знизу вгору назустріч руху пилогазової суміші, яка рухається зверху донизу і виключається підсос газу в місці стиску корпусу з бункером, а це, в свою чергу, значно підвищує ефективність роботи апарата, і знижує його гідравлічний опір. Як видно з таблиці 1, нам вдалося збільшити ефективність пиловловлення в запропонованому пиловловлювачі на 2-3 % в порівнянні з циклоном ЦН-11, зменшивши його гідравлічний опір в 1,2-1,4 рази, що пояснюється наявністю в запропонованому апараті третього та четвертого – мокрого ступенів очищення.

Висновок по роботі та перспективи подальших досліджень. Нам вдалося створити пиловловлювач, який дозволив підвищити ефективність пиловловлення в порівнянні з існуючим апаратом на 2-3%, що дає змогу знизити концентрацію пилу до норм ГДК, зменшивши при цьому енерго- та металоємності, а це відкриває широкі перспективи для його впровадження. У даний час проводиться впровадження запропонованого апарата в системах очистки повітря від пилу технологічних процесів у коксохімічному виробництві.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Батлук В.А. Математические модели процессов разделения гетерогенных систем при пылеочистке // Міжнар. наук. практ. конф. «Нові машини для виробництва будівельних матеріалів і конструкцій, сучасні будівельні технології». – Полтава, 2000. – С. 87-91.
2. Батлук В.А., Проскуріна І.В., Романцов У.В. Шелюх Ю.Є. Принципово нові перспективні методи очистки повітря від дрібнодисперсного пилу // Вестник Харьковского Национального автомобильно-дорожного университета. Сборник научных трудов, выпуск 38. – Харків, 2007. – С. 212-216.
3. Батлук В.А., Проскуріна І.В. Решение современных проблем очистки воздуха в коксохимическом производстве // Сборник научных трудов Донбасского государственного технического университета. Выпуск 24. – Алчевськ, 2007. – С. 156-162.

ШЛЯХИ ОЗДОРОВЛЕННЯ ВИРОБНИЧОГО СЕРЕДОВИЩА НА ТРАНСПОРТІ

Батлук В.А., Параняк Н.М., Батлук В.В.
Національний університет «Львівська політехніка»
(Україна)

Постановка проблеми. З кожним роком наука та техніка все рухається вперед, вдосконалюються технології та проводяться нові дослідження, але незважаючи на позитивний бік, мусимо констатувати той факт, що збільшується кількість забруднюючих речовин, які впливають на стан навколишнього середовища, забруднюється атмосфера. Атмосферне повітря є найбільш життєзабезпечуючим природним середовищем, яке складається з суміші газів і аерозолів приземного шару атмосфери, що виникає в ході еволюції Землі. Охорона атмосферного повітря, а також озонового шару є найбільш актуальною проблемою екології.

Більшість людей проводять 80-95% свого часу в службових приміщеннях, де одним з показників якості їх життя є повітря. Згідно з оцінкою останніх даних, за статистикою повітря всередині приміщень забруднено в 100 разів більше, ніж ззовні.

Основні причини забруднення повітря в службових приміщеннях:

- хімічні речовини, що потрапили в приміщення. Більше 100 хімічних сполук можуть одночасно бути присутніми у повітрі службових приміщень, офісів. У тому числі: аерозолі свинцю, кадмію, ртуті, міді, цинку, фенолу, формальдегіду, у концентраціях, що найчастіше перевищують ГДК у декілька разів;

- отруйні випаровування і пилоподібні залишки миючих засобів, які використовуються в приміщеннях. Причому їх концентрація в 1000 разів вища, ніж у відкритому повітрі;

- бактерії, віруси, спори грибків і цвілі;

- дрібнодисперсний пил, частинки якого менші за 10 мкм, невидимі для ока, практично не осідають й постійно висять у повітрі, це – пилові кліщі, продукти їх життєдіяльності, що є найсильнішими алергенами;

- продукти життєдіяльності людини (150 видів хімічних речовин), свійських тварин;

- тютюновий дим і 3600 хімічних речовин з нього.

Кожний вид частинок пилу й аерозолі здатний виступати як алерген. Навіть якщо ці частинки інертні, тобто не викликають токсичного ефекту (слизову оболонку бронхів дратують чисто механічно), вони залишаються в організмі надовго.

За останніми даними статистики відбувається бурхливий ріст числа легеневих захворювань, алергії, зниження імунітету, стрімке зростання кількості смертей від раку легенів, хронічного бронхіту, астми.

Аналіз останніх досліджень. Багато технологічних процесів у різних галузях промисловості супроводжуються викидами в атмосферу значної кількості пилу тих матеріалів, які піддаються обробці. Для зниження викидів в атмосферне повітря на їх джерелах встановлюються пиловловлюючі пристрої.

З великої розманітності останніх у конструктивному відношенні найбільше поширення одержали циклони й фільтри.

Пиловловлюючі агрегати (сухі циклони) з механічним способом фільтрації повітря застосовуються для очищення забрудненого повітря від середньо-великодисперсних частинок різних видів пилу.

В останні роки в промисловості намітилися такі основні напрямки роботи:

- розробка й впровадження нових засобів і пристроїв для очищення від пилу викидів вентиляційних систем і технологічних процесів;

- проведення досліджень та інвентаризації джерел забруднення й розробка нормативів гранично-допустимих викидів шкідливих речовин в атмосферу;
- дослідження роботи діючих систем вентиляції, обезпилювання й розробка рекомендацій з підвищення ефективності їх роботи і зниження енерго-металоємності.

Пиловловлювачі прийнято поділяти за забезпеченням ступеня очистки газу (повітря) від пилу на грубі, середні і тонкі.

Грубі пиловловлювачі вловлюють частинки, розмір яких більший за 20 мкм, середні пиловловлювачі – розмір яких більший за 10 мкм, і тонкі – пил, розмір якого менший за 10 мкм.

Така класифікація може служити тільки для приблизної оцінки, тому що ефективність пиловловлення залежить не тільки від розмірів частинок, але і від їх фізичних, хімічних і морфометричних характеристик, а це пов'язано з тим, що один і той же пиловловлювач може давати неоднакові результати для пилу з різних матеріалів.

У залежності від механізму пиловловлення установки можна поділити на: механічні (сухі або мокрі), прості та волокнисті фільтри й електрофільтри.

Слід зазначити, що через складність і невивченість процесів осадження пилу в пиловловлювачах для багатьох типів апаратів ще не розроблено розрахункові методи визначення ефективності пиловловлення. Разом з тим накопичений величезний експериментальний матеріал не завжди може бути ефективно використаний, оскільки результати одержані в основному за різними методиками і тому несумісні. Нерідко через суперечність результатів важко дати об'єктивну оцінку того або іншого пиловловлювача. До оцінки експериментальних даних і рекомендацій необхідно підходити з певною обережністю, звертаючи увагу на методику їх отримання.

Метою роботи є створення апарату для очистки повітря від пилу принципово нового типу, в якому досягається значне підвищення ефективності очистки від дрібнодисперсного пилу при зменшенні гідравлічного опору і габаритів.

Виклад основного матеріалу. Існуючі в даний час апарати аналогічного призначення не можуть дати значного підвищення ефективності пиловловлення через неможливість забезпечення постійної дії відцентрової сили на частинку і неможливість підключення до процесу пиловиділення збільшених сил ваги та інерції.

Тому нами було поставлене завдання створення такого пиловловлювача, в якому додаткова попередня очистка повітря від великодисперсного пилу забезпечує виділення пилу його з потоку ще до входу в пиловловлювач, тобто збільшує його кількість, виділену з газоповітряного потоку, і за рахунок цього підвищується ефективність пиловловлення.

На рис. 1 наведено запропонований пиловловлювач у розрізі, вигляд спереду; на рис. 2 наведено розріз А – А на рис. 1; на фіг. 3 – розріз Б – Б на рис. 1.

Пиловловлювач працює наступним чином.

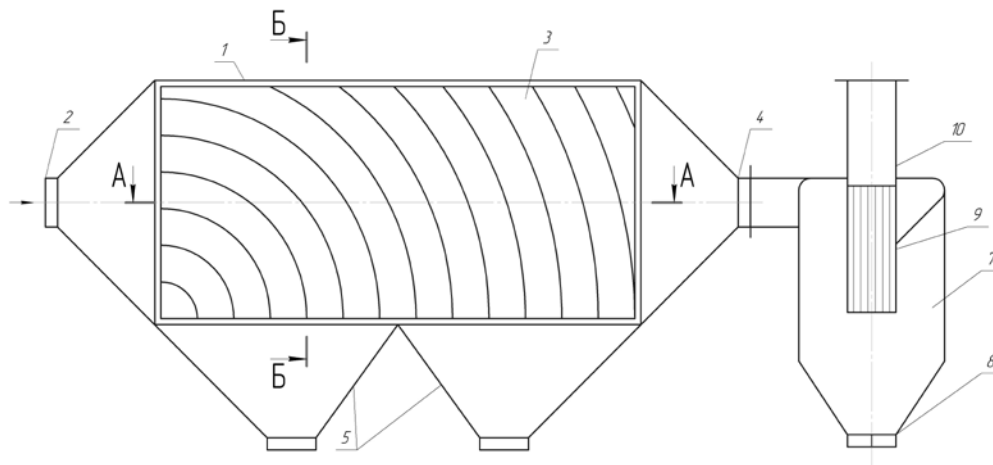


Рисунок 1

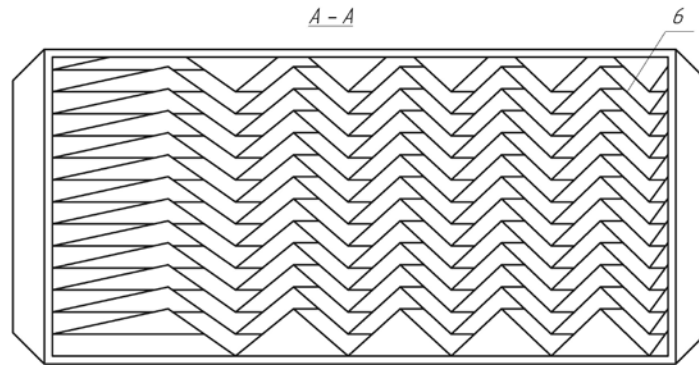


Рисунок 2

Запилене повітря через вхідний патрубок 2 попадає всередину корпусу 1, де при переході з меншого перерізу в більший втрачає швидкість. При цьому в будь-якому можливому напрямку руху газ попадає в зигзагоподібні канали 6. Зважені частинки пилу під дією інерційних і гравітаційних сил рухаються по параболічних траєкторіях у напрямку приймальних воронок 5 і при зіткненні з гофрами в зигзагоподібних каналах 6 втрачають кінетичну енергію й осідають у приймальних воронках 5.

Очищений у першому апараті газ виводиться із корпусу 1 в корпус апарата 7 через патрубок 4, який є для другого пиловловлювача тангенційним вхідним патрубком, через який він і вводиться в корпус 7 тангенційно. Після входу в апарат 7 пилогазовий потік гвинтоподібно обертається зверху вниз спочатку навколо вихлопної труби 10, потім навколо жалюзійного відокремлювача 9.

Під час обертання відбувається розділення частинок пилу. Більш великі пилові частинки під дією відцентрових сил притискаються до стінки корпусу 7 і, здійснюючи гвинтоподібний рух всередині циліндричної, потім конічної частини корпусу циклона, попадають у пиловипускний патрубок 8.

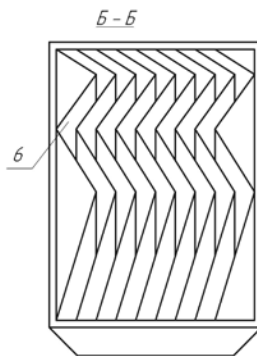


Рисунок 3

Більш дрібні частинки пилу захоплюються потоком повітря до жалюзійного відокремлювача 9. Повітря проходить інерційний відокремлювач 9 крізь щілини, що розміщені між його жалюзі. При цьому повітря робить різкий поворот малого радіуса на кут більший за 90° , але менший за 180° . Дрібні частинки пилу також виконують поворот у напрямку щілини, але, завдяки силі інерції, радіус повороту в них значно більший, ніж у повітря, за рахунок чого дрібні пилові частинки пролітають мимо щілини, стикаються з жалюзі, відбиваються від них або сповзають по її поверхні (залежно від маси і пружності частинок, місця їх попадання на жалюзі та кута, під яким відбувається удар частинки з жалюзі). Якщо пилова частинка дуже сильно відіб'ється від жалюзі, вона знову попадає до пилоповітряного потоку, що обертається навколо жалюзійного відокремлювача, знов вдаряється об одну з наступних жалюзі доти, доки не попадуть у потік, який рухається вздовж корпусу апарата 7. Із жалюзійного відокремлювача 9 очищене повітря, що

пройшло крізь щілини між жалюзі через вихлопну трубу 10, викидається назовні, а весь вловлений у циклоні пил через пиловипускний патрубок 8 попадає в бункер для збирання пилу (на кресленні не показаний).

На експериментальному стенді НУ «Львівська політехніка» проведено 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.

Дані випробувань наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Порівняльні дослідження пиловловлювачів.

Витрата повітря, м ³ /год.	Ефективність пиловловлення, %			
	Запропонований		Апарат з гофрами	
	Розмір пилу, 10 ⁻⁶ м			
	32	50	32	50
1000	81,5	82,4	76,6	79,8
1500	83,4	85,6	79,3	81,0
2000	84,7	87,4	81,1	83,0
2500	87,8	89,4	82,2	86,7
3000	88,6	89,8	85,1	87,6

Низька ефективність апарату з гофрами пояснюється тим, що переміщуючись частинки пилу при стиканні з гофрами втрачають частину своєї кінетичної енергії та отримують 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.

На експериментальному стенді НУ «Львівська політехніка» проведено порівняльні дослідження запропонованого пиловловлювача із попередньою очисткою з апаратом без попередньої очистки, тобто без його першої частини (без корпусу 1) на стандартному експериментальному пилу – кварцовому піску (таблиця 2).

Таблиця 2 – Порівняльні дослідження пиловловлювачів

Витрати повітря, м ³ /год.	Ефективність пиловловлення, %			
	Запропонований		Апарат без попередньої очистки	
	Розмір пилу, 10 ⁻⁶ м			
	32	50	32	50
1000	81,5	82,4	79,8	81,0
1500	83,4	85,6	81,5	83,4
2000	84,7	87,4	83,4	85,2
2500	87,8	89,4	84,3	88,1
3000	88,6	89,8	87,1	88,6

Переваги запропонованої конструкції очевидні, що пояснюється наявністю першого ступеня попередньої очистки газу.

На експериментальному стенді ДУ «Львівська політехніка» на стандартному пилу – кварцового піску з медіанним діаметром (32 і 50) 10⁻⁶ м проведено порівняльні дослідження в однакових умовах запропонованого пиловловлювача із попередньою очисткою продуктивністю 1000 м³/год і циклона ЦН-11 такої ж продуктивності (таблиця 3).

Таблиця 3 – Порівняльні випробування пиловловлювача із попередньою очисткою і циклона ЦН-11

Продуктивність, м ³ /год.	Кварцовий пил, δ_{50} , 10 ⁻⁶ м	Гідравлічний тиск, кгс/м ³		Ефективність пиловловлення, %	
		Запропоно- ваного	Циклона ЦН-11	Запропоно- ваного	Циклона ЦН-11
1000	32	800	1400	81,5	77,7
	50			82,4	80,0

Як видно 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 б 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.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Шляхом створення пиловловлювача, жалюзійний відокремлювач з попередньою очисткою, нам вдалося досягти значного збільшення на (10-12%) ефективності вловлення дрібнодисперсного пилу у порівнянні з найбільш поширеним апаратом – циклоном ЦН-11, зменшивши при цьому гідравлічний опір (енергоємність) і витрати матеріалу (металоємність).

У даний час проводиться впровадження запропонованого апарату в системах очистки повітря від пилу, який утворюється при роботі транспортних засобів з метою досягнення вимог норм ГДК у викидах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Батлук В.А., Параняк Н.М. Один із шляхів зниження концентрації пилу // Збірник наукових праць. Спец. випуск до V науково-практичної конф. «Сучасні проблеми збалансованого природокористування». – Кам'янець-Подільський: Подільський державний аграрно-технічний університет, 2010. – С. 167 – 170.

2. Батлук В.А., Параняк Н.М. Пиловловлювач із попередньою очисткою, патент на корисну модель № 50126 Заявка №и200912660В01Д45/00 від 7.12.2009. Опубл. 25.05.2010 р. Бюл. № 10 2010 р.

ПРОГРЕССИВНЫЕ МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ТРАНСПОРТЕ

Гнатов А.В.

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет
(Украина)

Постановка проблемы. Применение прогрессивных магнитно-импульсных технологий на транспорте инициированы, в первую очередь, спросом на выполнение операций по реставрации кузовных покрытий автомобилей и корпусов самолётов. Причём, как показывает практика, 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 – двери, капоты, крыши, пороги, арки, задние части хэчбэков, купе, боковины микроавтобусов, корпусные элементы самолетов. В этой связи особый интерес представляют устройства, позволяющие произвести, так называемую, внешнюю рихтовку без разборки кузова и нарушения существующего защитного (возможно лакокрасочного) покрытия [1, 2].

Анализ основных достижений и публикаций. Концерном «Beulentechnik AG» (Швейцария, Германия, Австралия), объединяющим несколько авторемонтных компаний в разных странах мира, предложен довольно обширный ряд механических устройств для внешней рихтовки вмятин в автомобильных кузовах (рис. 1).

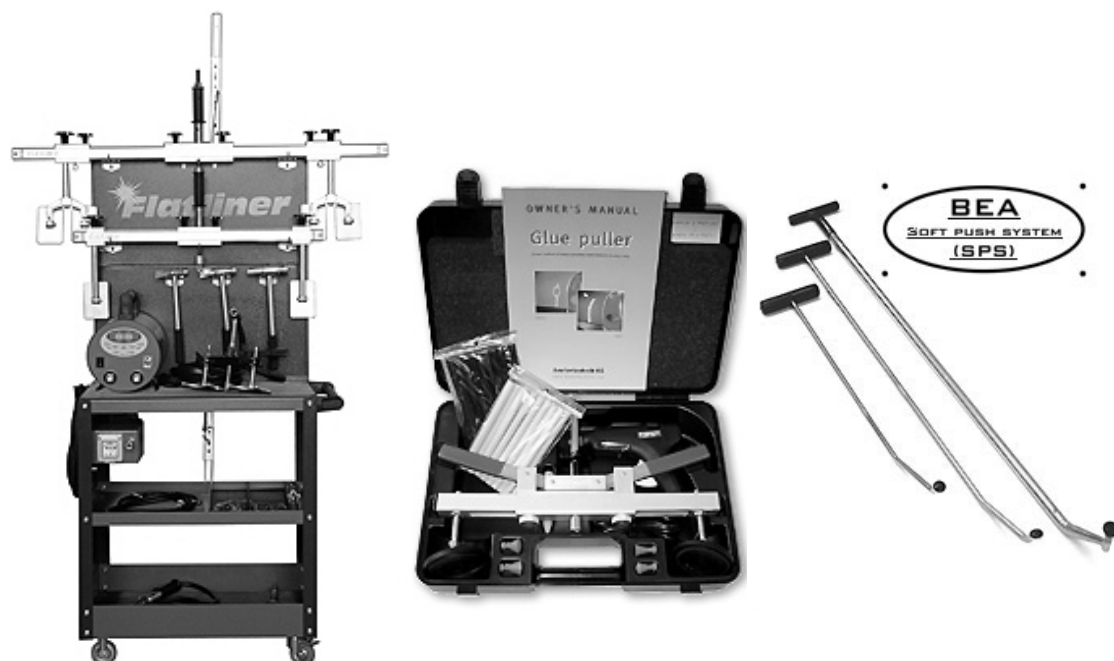


Рисунок 1 – Инструменты для рихтовки вмятин в автомобильных кузовах фирмы Beulentechnik AG

Практическое применение этих устройств не обеспечивает достаточную надёжность с точки зрения сохранности ремонтируемого элемента. Последнее замечание означает, что в процессе реставрации возможно и его разрушение [3].

Более перспективными и реальными для практики реставрации повреждений в элементах кузовов автомобилей и корпусов самолётов представляются разработки с использованием энергии электромагнитных полей. В этой области на протяжении последних 35-40 лет передовые позиции занимают фирмы США «Boeing», «Electroimpact», «Fluxtronic». Эти фирмы производят магнитно-импульсные комплексы для внешней рихтовки корпусов самолётов (рис. 2).

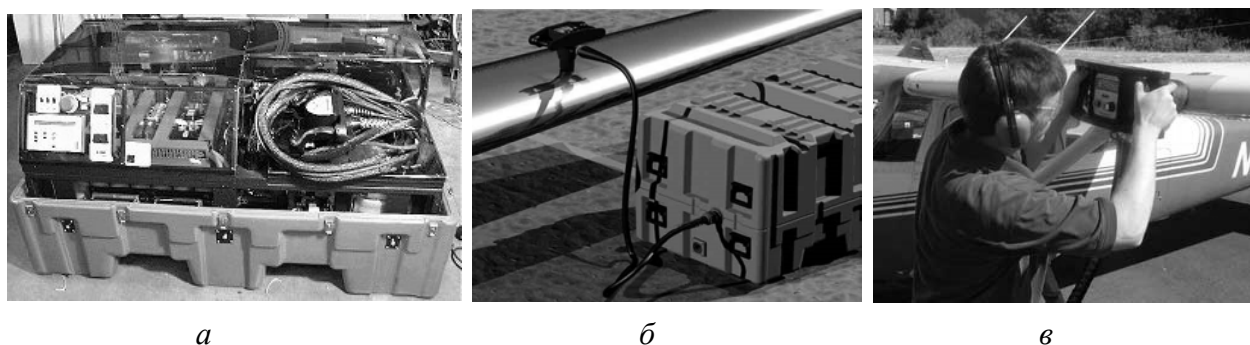


Рисунок 2 – Магнитно-импульсные комплексы для внешней рихтовки корпусов самолётов: а – фирмы «Electroimpact»; б, в – фирмы «Fluxtronic»

Принцип действия этих комплексов основан на суперпозиции магнитных полей с разными рабочими частотами. В технической реализации это исполняется, как двухчастотная магнитно-импульсная система.

Недостатками таких систем является:

- два источника мощности;
- сложная высокоточная электроника;
- высокая цена.

В европейских странах, в последнее время, также интенсивно начали применять прогрессивные магнитно-импульсные технологии. Первые образцы комплексов для бесконтактной магнитно-импульсной рихтовки были созданы совместно фирмами «Beulentechnik AG» (штаб-квартира в Швейцарии, Цюрих) и «Tesla» (Чехия, Прага), рис. 3, но в основу их действенности были положены результаты разработок 2002 ÷ 2004 гг., выполненных в НТУ «ХПИ». [4-6].

Принцип действия этих комплексов основан на природном притяжении ферромагнитных металлов при понижении рабочей частоты действующего поля. Техническая реализация – магнитно-импульсная система фирмы «Tesla» (Чехия).

Недостатки:

- заложены устаревшие результаты работ 2002 ÷ 2004 гг.;
- низкая эффективность и ограниченная область применения (в частности, только сталь!).

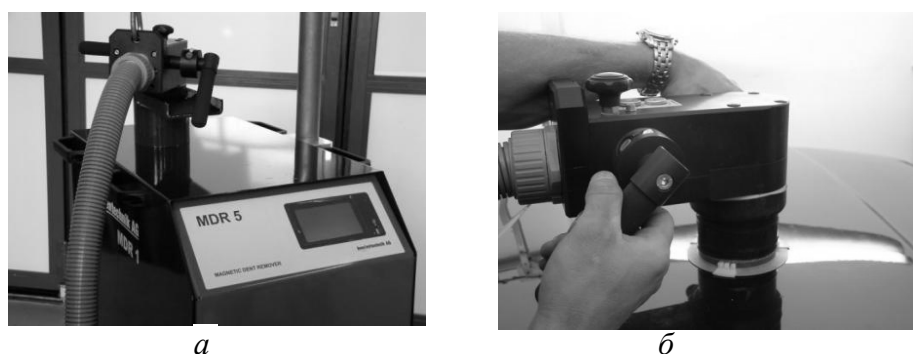


Рисунок 3 – Магнитно-импульсная установка фирмы «Tesla»: а – общий вид; б – установка в работе

Проблема притяжения заданных участков листовых металлов с помощью силового воздействия со стороны электромагнитных полей может быть решена и с использованием других технических предложений, выдвинутых в разное время разными авторами. К таковым, например, можно отнести различные вариации способа, описанного в монографии Г.А. Шнеерсона [7] и заключающегося в создании медленно нарастающего

магнитного поля, резко прерываемого при достижении заданного уровня напряжённости. В обрабатываемом участке металла наводятся вихревые токи, экранирующие внутреннее поле и препятствующие его уменьшению. Направление индуцированных токов таково, что возникающие электродинамические усилия притягивают к индуктору заданный участок металла, вызывая его деформирование. Несмотря на кажущуюся «прозрачность» данного предложения, информация о каких-либо его практических реализациях в научной периодике отсутствует.

Общим недостатком всех вышеперечисленных магнитно-импульсных систем для внешней реставрации повреждённых листовых металлов является сложность технической реализации, которая обусловлена наличием двух источников электромагнитной мощности (низкочастотного и высокочастотного), сложных систем высоковольтной электроники и устройств синхронизации всего комплекса в целом. Как следствие, имеет место достаточно высокая себестоимость оборудования и низкая надёжность.

Цель настоящей работы – обоснование актуальности применения магнитно-импульсных технологий на транспорте, на основании обзора публикаций в научной периодике и Интернет-ресурсов. Освещение новых авторских предложений по магнитно-импульсной рихтовке повреждённых элементов кузовных конструкций.

Лаборатория электромагнитных технологий. Источники мощности.

Работы по созданию оборудования и инструментов для магнитно-импульсного притяжения, основанных на иных физических концепциях, были начаты в НТУ «ХПИ» в 2002 году. В настоящее время работы, связанные с применением прогрессивных магнитно-импульсных технологий на транспорте, ведутся в Харьковском национальном автомобильно-дорожном университете (ХНАДУ), где создана специализированная научно-исследовательская лаборатория электромагнитных технологий [8].

Задачи лаборатории электромагнитных технологий

- 1) Создание малогабаритных источников мощности, работающих от сети ~ 220 В в режиме многократного повторения импульсов силового воздействия.
- 2) Создание инструментов, трансформирующих естественное магнитно-импульсное отталкивание в притяжение листовых металлов.
- 3) Практическая направленность работ – создание магнитно-импульсных систем для внешней рихтовки корпусных элементов автомобилей и самолётов без нарушения их защитного покрытия.

Пути решения, физические обоснования. Авторские предложения!

- 1) Создание источников мощности.

Применение схем электронного управления зарядно-разрядными процессами, позволяющими осуществлять непрерывное запасание энергии емкостными накопителями и их разряд в цепи индуктора-инструмента. Как показывают оценки и эксперимент, реальная мощность сети (до 5÷7 кВт) позволяет получить частоту повторения импульсов силового воздействия ~ до 5 Гц.

- 2) Создание инструментов

- Индукционные индукторные системы. Основаны на применении закона Ампера о притяжении проводников с одинаково направленными токами. Работа с алюминием и его сплавами.

- Одновитковые индукторные системы. Основаны на применении эффекта притяжения ферромагнетика при понижении рабочей частоты действующего поля. Работа с различными сталями. (Обнаружен проф. Батыгиным Ю.В., Лавинским В.И., Хищенко Л.Т. в 2004 г.)

- 3) Комбинированные системы. Комбинация закона Ампера и эффекта притяжения ферромагнетика (фактически, это индукционные индукторные системы). Работа с любыми металлами.

Многократное силовое воздействие серий импульсов достигается за счёт специальных решений в конструкции магнитно-импульсной установки – источника мощности (рис. 4). Данные решения защищены патентом Украины [9].

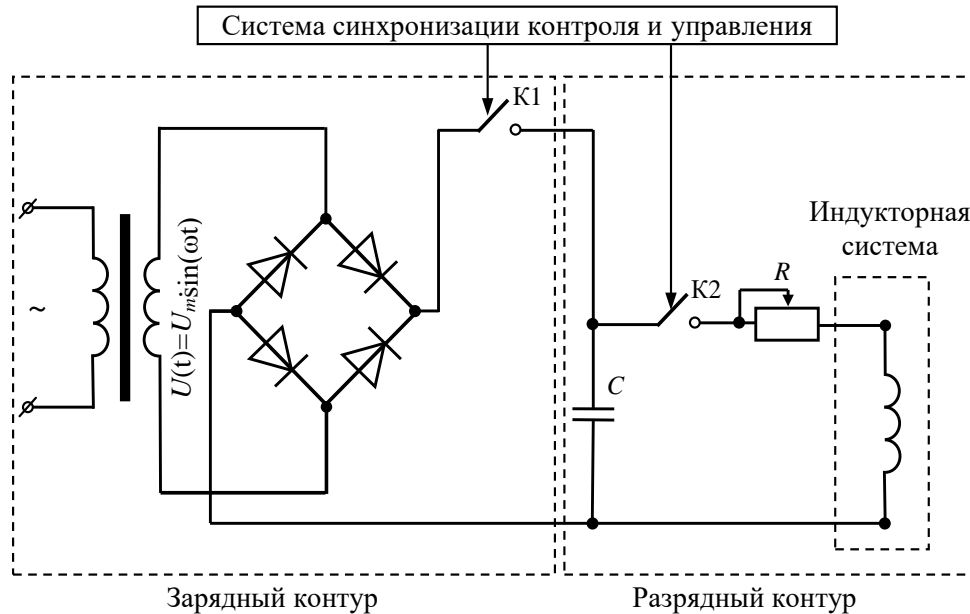


Рисунок 4 – Схема магнитно-импульсной установки для многократного генерирования разрядных импульсов

Система синхронизации контроля и управления (рис. 4) даёт команду на открытие ключа K1 в зарядном контуре. При достижении напряжения на конденсаторах заданного уровня, система управления даёт команду на закрытие ключа K1 и отключение ключа K2. После полного разряда конденсаторных батарей на индукторную систему, ключ K2 закрывается и система управления даёт команду на открытие ключа K1, и цикл работы повторяется.

Как показали эксперименты, при уровне зарядных напряжений ~ 1.5 кВ работа с сетью позволяет на выходе установки получить частоту повторения генерируемых токовых импульсов порядка $\sim 3 \div 5$ Гц.

Естественно, что необходимый уровень зарядных напряжений конденсаторной батареи определяется прочностными характеристиками объекта обработки. При каждом силовом воздействии из серии импульсов создаваемые в нём внутренние механические напряжения должны хоть немного, но превышать пределы текучести обрабатываемых металлов. В этом случае каждый последующий удар из серии будет только увеличивать относительные деформации.

В лаборатории магнитно-импульсных технологий ХНАДУ создана магнитно-импульсная установка МИУС-2 (рис. 5), которая обладает следующими характеристиками [1, 8, 9]:

- работа от сети ~ 220 В,
- зарядное напряжение до 2 кВ, запасаемая энергия до 2 кДж,
- собственная частота в импульсе $\sim 7,5$ кГц, в комплекте с согласующими устройствами – импульсными трансформаторами $\sim 1 \div 2$ кГц,
- частота повторения разрядных импульсов до ~ 10 Гц.
- ёмкость запасаемой энергии $C = 1200$ мкФ

МИУС-2 используется как источник мощности для многократного генерирования разрядных импульсов в системах для магнитно-импульсной рихтовки автомобильных кузовов.

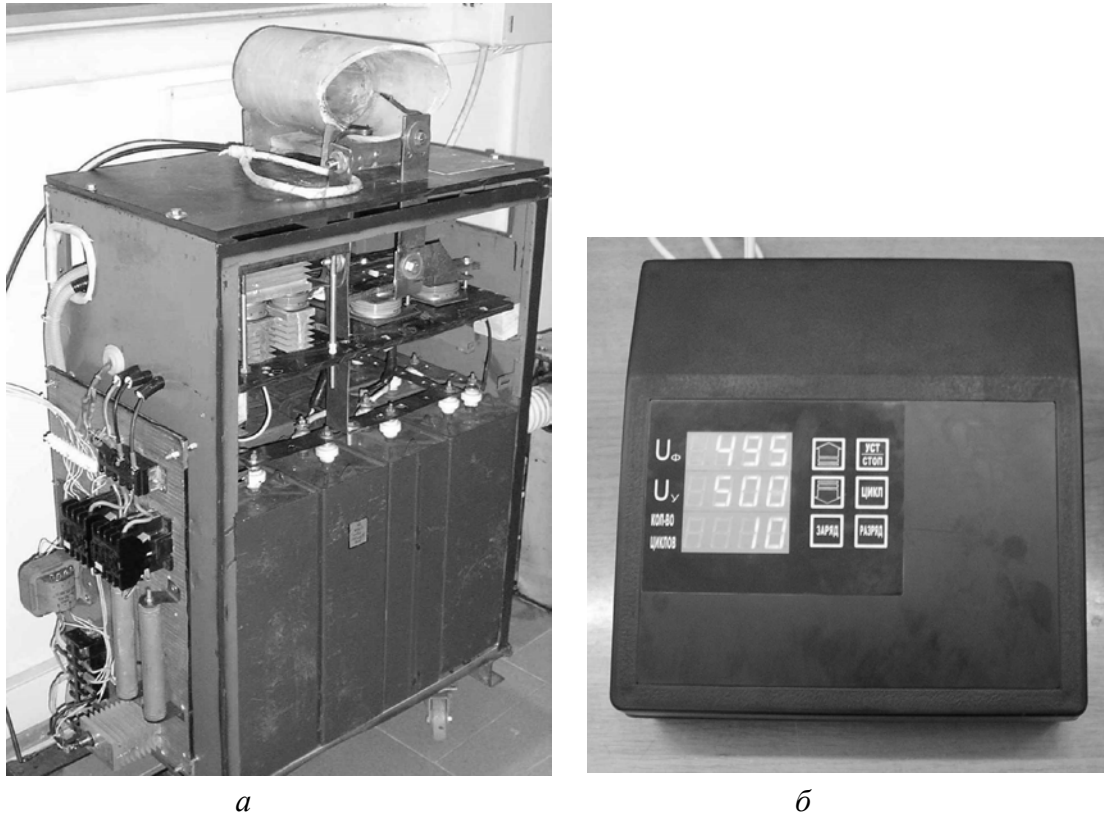


Рисунок 5 – МИУС-2: *а* – общий вид; *б* – блок управления

Индукторные системы

В качестве инструмента в рассматриваемых комплексах для магнитно-импульсной рихтовки используются плоские одновитковые индукторные системы. Одной из разновидностей индукторных систем выступают, так называемые, индукционные индукторные системы (рис. 6, рис. 7). Данные конструкции индукторных систем являются авторскими разработками специалистов научно-исследовательской лаборатории электромагнитных технологий ХНАДУ и защищены патентами Украины [10, 11].

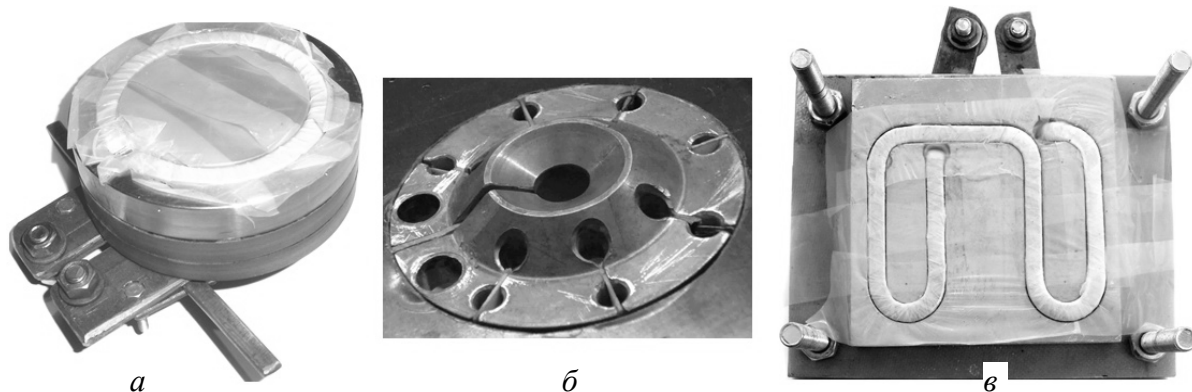


Рисунок 6 – Индукторные системы: *а* – цилиндрическая индукционная индукторная система; *б* – одновитковый цилиндрический индуктор; *в* – прямоугольная индукторная система

Принцип действия этих инструментов для магнитно-импульсного притяжения заданных участков поверхности тонкостенных листовых заготовок можно раскрыть с помощью схемы на рис. 7.

Конструктивно, такая система включает плоский одновитковый соленоид-индуктор – 1, дополнительный элемент, обеспечивающий возникновение сил притяжения, это вспомогательный экран – 2 и листовую заготовку – 3, определённый участок которой следует деформировать в направлении к поверхности индуктора. Все три составляющие укладываются параллельными слоями, изолированно друг от друга: «экран – индуктор – листовая заготовка».

Листовая заготовка размещается так, чтобы участок, подлежащий деформированию, находился в рабочей зоне системы (в области внутреннего отверстия витка).

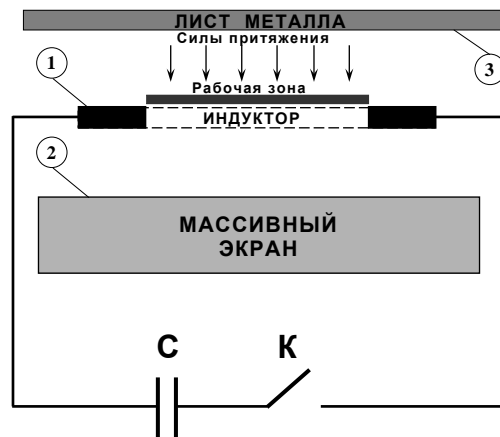


Рисунок 7 – Индукционная индукторная система

Индукционная индукторная система работает следующим образом. Заряженный емкостной накопитель энергии – С, после срабатывания коммутатора – К, разряжается в цепи с подключённым индуктором – 1. При протекании разрядного тока по плоскому индуктору в экране и заготовке наводятся вихревые токи, имеющие одинаковое направление. В соответствии с законом Ампера, непосредственно под витком индуктора заготовка – 3 будет воспринимать отталкивающие усилия, так как токи, протекающие в индукторе и заготовке, имеют противоположные направления. В рабочей же зоне индуктора, т.е. в «окне», образованном витком индуктора, заготовка – 3 будет притягиваться к экрану – 2, так как индуцированные в ней и экране токи имеют одинаковое направление.

Необходимо подчеркнуть обязательное условие практической работоспособности индукционных индукторных систем. Как следует из физического осмысления закона Ампера, силовое взаимодействие между плоскими проводящими листами, в металле которых возбуждаются одинаково направленные индуцированные токи, возможно лишь в режиме интенсивного проникновения электромагнитного поля индуктора сквозь эти листы. Только в этом случае при нулевом поле между ними возникают силы магнитного давления извне, обуславливающие их взаимное притяжение. Кроме того, при достаточно низких рабочих частотах действующих полей интегральное во времени силовое действие сил отталкивания будет стремиться к нулю.

Экспериментальные исследования.

Разработанные в лаборатории магнитно-импульсных технологий ХНАДУ индукторные системы были экспериментально апробированы на МИУС-2.

Для проведения эксперимента были взяты образцы обшивки кузова автомобиля фирмы «Субару» толщиной ~ 1 мм. В ходе эксперимента, сначала, с помощью созданной магнитно-импульсной установки были получены деформации (вмятины) на взятых образцах обшивки кузова автомобиля (рис. 8, позиция № 1). Потом, эти образцы перевернули так, чтобы центр образовавшейся лунки совпал с центром отверстия конического индуктора, и произвели стягивание уже существующей лунки в поверхность

(рис. 8, позиція № 2). На представлених рисунках видно, что форма образованной и удаленной вмятины (лунки) соответствует форме и размеру конуса индуктора, рис. 6, б.

При проведении эксперимента установка МИУС-2 работала в режиме зарядного напряжения – 1,8 кВ и запасаемой энергии – 1,5 кДж.

Отличительная особенность экспериментального оборудования и проведенных экспериментов от ранее полученных результатов состоит в следующем.

- Силовое воздействие на заготовку со стороны индукторной системы носило кумулятивный характер в результате многократного повторения (ранее описанный в научной периодике результат был получен при однократном силовом воздействии [2, 8, 12]).

- Получен результат с помощью цилиндрического согласующего устройства – индукторной системы (ранее подобный результат был получен на дисковом согласующем устройстве).

- Операция осуществлена при гораздо меньших энергетических затратах (в 6÷7 раз) и меньшем напряжении (в 2,5 раза), чем в аналогичных экспериментах НТУ «ХПИ» 2004 г. [8, 12]. Данный результат обусловлен многократным силовым воздействием и оптимальным выбором конструкции согласующего устройства.

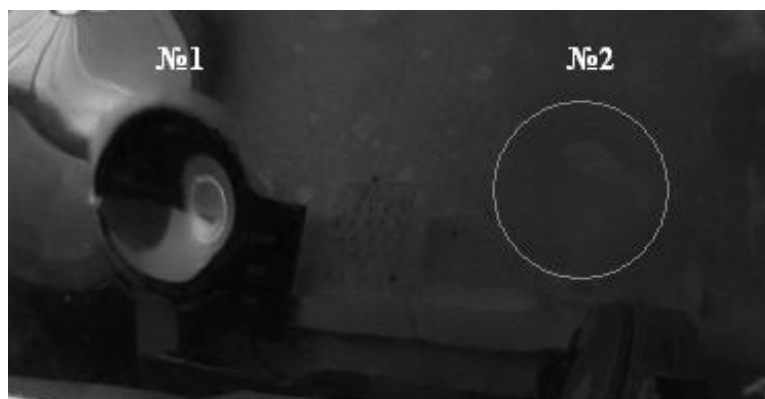


Рисунок 7 – Фрагмент обшивки кузова автомобиля «Субару»: № 1 – деформация образца по форме индуктора; № 2 – контур удаленной вмятины.

Толщина кузовных элементов современных автомобилей, выполненных из различных сталей и алюминиевых сплавов, как правило, не превышает ~ 1 мм. Механическая прочность автомобильных кузовов обеспечивается рёбрами жёсткости с внутренней стороны, где также располагаются компоненты электрических и электронных сервисных систем, что затрудняет или вообще исключает доступ к поврежденной поверхности изнутри. Поэтому применение магнитно-импульсных технологий для внешнего восстановления поврежденных элементов кузовных конструкций автомобилей является наиболее эффективным.

Выводы.

1. Анализ мировых тенденций развития современных промышленных технологий показывает всё возрастающую актуальность направления магнитно-импульсной обработки металлов, связанного с притяжением заданных участков проводящих объектов.

2. Предложена схема, так называемой, индукционной индукторной системы, позволяющей трансформацию отталкивания, хорошо известного в классической магнитно-импульсной обработке металлов, в притяжение заданных участков обрабатываемого объекта. Принцип действия основан на притяжении одинаково направленных токов.

3. Проиллюстрирована експериментальна апробация разработанной магнитно-импульсной установки совместно с индуктором с рабочей областью в форме усеченного конуса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гнатов А.В. Безконтактне магнітно-імпульсне рихтування автомобільних кузовів. Матеріали міжнародної науково-технічної конференції [«Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій»]. (Тернопіль, 19-21 травня 2010 р.). – Тернопіль: Вісник ТДТУ, 2010. – Т. 15. – № 2. – С. 164 – 171.

2. Туренко А.Н. Импульсные магнитные поля для прогрессивных технологий. Том 3. Теория и эксперимент притяжения тонкостенных металлов импульсными магнитными полями: монография / А.Н. Туренко, Ю.В. Батыгин, А.В. Гнатов. – Харків: ХНАДУ, 2009. – 240 с.

3. www.beulentechnik.com.

4. Пат. 3998081 США, МКИ В21Д26/14. Electromagnetic dent puller / Karl A. Hansen, Iver Glen Hendricson; Заявл. 17.07.74; Опубл. 21.12.76.

5. www.electroimpact.com.

6. www.fluxtronic.com.

7. Шнеерсон Г.А. Поля и переходные процессы в аппаратуре сверхсильных токов. – Л: Энергоиздат, 1981. – 199 с.

8. Батыгин Ю.В. Экспериментальные исследования магнитно-импульсного притяжения тонкостенных листовых металлов / Ю.В. Батыгин, С.Ф. Головащенко, А.В. Гнатов, Д.О. Смирнов // Електротехніка і електромеханіка. – Харків: 2010. – № 3. – С. 39 – 41.

9. Пат. № 44933 України. Генератор багаторазових імпульсів струму для магнітно-імпульсної обробки металів / Ю.В. Батигін, О.Ю. Бондаренко, А.В. Гнатов, Г.С. Сериков, Є.А. Чаплигін; заявник та патентовласник Харківський автомобільно-дорожній унів. Зареєстровано в державному реєстрі патентів України на корисні моделі 26.10.2009 р.

10. Пат. 31751 України, В 21 Д 26/14. Спосіб магнітно-імпульсної обробки металевих заготовок методом притягання до індуктора / Батигін Ю. В., Бондаренко О. Ю., Чаплигін Є. О.; заявник та патентовласник Харківський нац. автом.- дорожн. ун-т. – № u200712252; заявл. 05.11.2007; опубл. 25.04.08, Бюл. №8.

11. Пат. 31752 України, В 21 Д 26/14. Спосіб магнітно-імпульсної обробки металевих заготовок / Батыгин Ю.В., Бондаренко А.Ю., Сериков Г.С.; заявник та патентовласник Харківський нац. автом.-дорожн. ун-т. – № u200712252; заявл. 05.11.2007; опубл. 25.04.08, Бюл. №8.

12. Yu.V.Batygin, V.I.Lavinsky, L.T.Khimenko, Direction Change of the Force Action upon Conductor under Frequency Variation of the Acting magnetic Field. Proceedings of the 1-st International Conference on High Speed Metal Forming. March 31/April 1, 2004. Dortmund, Germany. P. 157-160.

ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ПОКАЗНИКІВ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ ВИКИДІВ NO_x

Горбов В.М., Мітенкова В.С., Павліченко Є.С.
Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова
(Миколаїв, Україна)

Вступ. Після введення Міжнародною морською організацією жорстких обмежень на викиди NO_x з відхідними газами (ВГ) суден використання ряду первинних методів зниження емісії стало малоефективним. Виконання цих вимог потребує більш широкого використання на судах вторинних методів зниження викидів. До найбільш ефективних методів цієї групи, спрямованих на очищення відхідних газів від оксидів азоту, відносять каталітичну нейтралізацію. Цей метод базується на перетворенні токсичних компонентів викидів у менш токсичні або нешкідливі за рахунок використання каталізаторів.

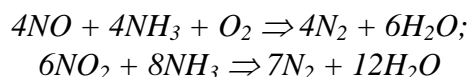
Селективний каталітичний нейтралізатор (SCR) представляє собою хімічний реактор, повністю відділений та незалежний від двигуна. Використовуючи технологію SCR можна домогтись істотного скорочення NO_x в діапазоні 80-90% [1].

Суднові системи та устаткування, у тому числі і ємкості для аміаку або мочевины, повинні мати по можливості мінімальні масогабаритні показники. Зменшення витрати аміаку або мочевины. Визначення раціональних масогабаритних параметрів селективних каталітичних нейтралізаторів є **актуальним** напрямком дослідження.

Постановка задачі. Метою дослідження є визначення необхідної кількості аміаку (NH_3) для певної витрати відхідних газів.

Результати досліджень. У якості каталізаторів SCR, як правило, використовують платину, метали платинового ряду, оксиди міді, двооксид марганцю, оксид ванадію тощо. Завдяки їм відбуваються необхідні хімічні реакції – окиснення монооксиду вуглецю (CO) та незгорілих часток палива (C_xH_y), як наслідок, зниження емісії оксидів азоту (NO_x) [2].

У системі SCR ВГ змішуються з аміаком (40-відсотковим розчином мочевины у воді) та проходять через шар спеціального каталізатора за температури 300...400°C. При цьому NO_x розкладається на нетоксичні N_2 і H_2O . Процес описується наступними реакціями:



Продукти води і азоту, а також тверді частки і C_xH_y у ВГ також видаляються шляхом окислення в реакторі, який є невід'ємною частиною каталізатору. Зниження викидів NO_x забезпечується тільки за вказаних вище температур: якщо температура вихідних газів буде занадто висока, NH_3 буде згоряти, не вступаючи в реакцію з NO/NO_2 ; якщо ж температура буде низькою, відповідно, і швидкість реакції буде низька, як наслідок, конденсація сульфатів амонію (мочевины) знищить каталізатор. Якщо температура вихідних газів не відповідає заданому діапазону, роботу каталізатора буде заблоковано. Відповідно, система SCR не буде працювати протягом декількох годин.

Проведені розрахунки дали змогу визначити залежність відносного об'єму (відношення об'єму запасів палива до об'єму запасів мочевины, %) та потрібної об'ємної кількості розчину мочевины (рис. 1, 2).

Як видно з рис. 2, із зростанням номінальної потужності двигуна відносний об'єм змінюється у діапазоні 0,5-0,53 % і представляє собою майже пряму лінію. Тобто, якої б потужності не був двигун, об'єм цистерн з аміаком завжди буде незначним у порівнянні з об'ємом паливних цистерн на судні.

У всьому діапазоні потужностей спостерігається стрімке зростання об'єму аміаку (рис. 2). При збільшенні потужності в 6 разів об'ємна витрата мочевины (л/год) зростає майже у 5 разів.

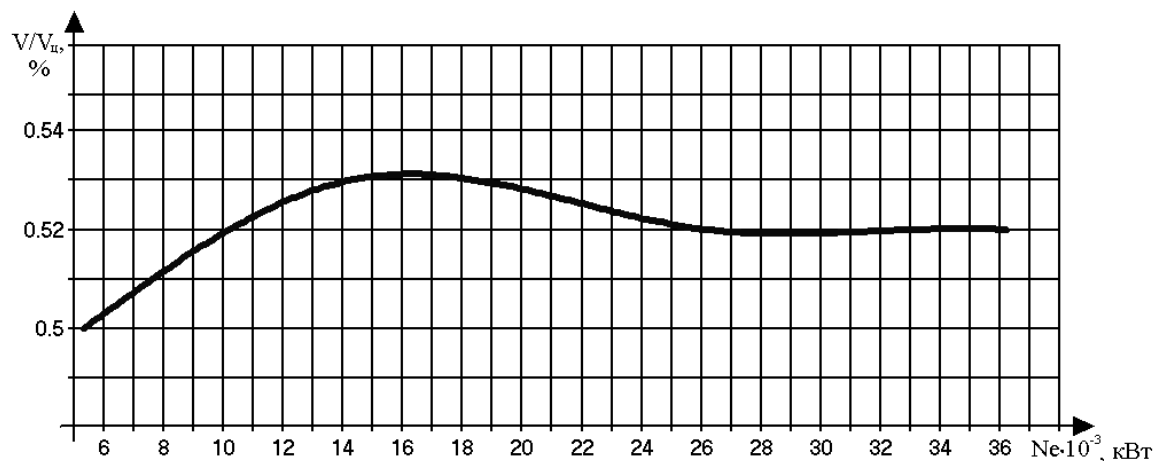


Рисунок 1 – Залежність відносного об'єму аміаку від номінальної потужності двигуна

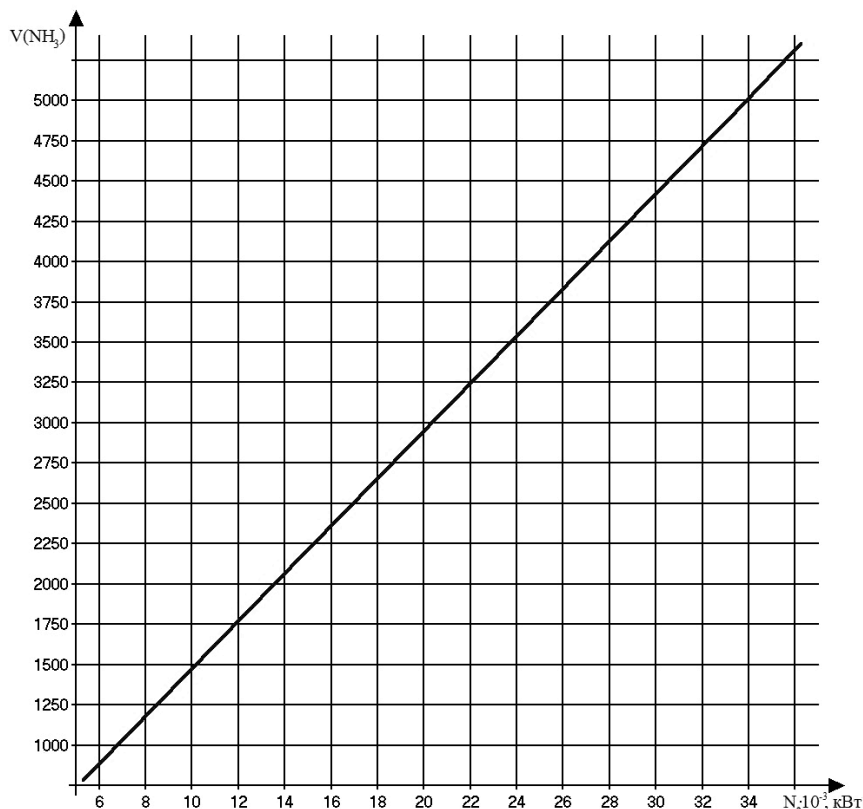


Рисунок 2 – Залежність об'ємної кількості мочевини, необхідної для виконання рейсу від номінальної потужності двигуна

Висновки. Приймаючи рішення про доцільність встановлення селективного каталітичного нейтралізатора в якості обладнання для зниження емісії оксидів азоту, вуглецю та твердих часток, необхідно співставляти вартість його експлуатації із вартістю малосірчастого або альтернативного палив.

ЛІТЕРАТУРА

1. Advanced emission control methods // MER. – 2009, February. – P. 24-25.
2. Никифорова Т.П. Общая химия: учебн. пособие / Т.П. Никифорова, Е.Е. Платонова, В.И. Сидоров. – К.: АСВ, 2004. – 220 с.

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ВИПАРНИКІВ ЗРІДЖЕНОГО ПРИРОДНОГО ГАЗУ В СЕУ

Горбов В.М., Мітенкова В.С., Слюсаренко К.В.
Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова
(Миколаїв, Україна)

Вступ. З введенням в дію все більш жорстких норм на газові викиди з суден поширюється використання альтернативних палив на водному транспорті. До найбільш розповсюджених палив, що значно покращують екологічні показники суднових енергетичних установок (СЕУ) без значного здороження, відноситься зріджений природний газ (ЗПГ), який все частіше використовують на судах, що його не перевозять [1-3]. Використання ЗПГ в якості палива на судах вимагає створення окремої паливної системи СЕУ, що містить криогенні насоси, трубопроводи, цистерни зберігання, регазифікаційне обладнання тощо [4].

Одним з основних елементів паливних систем СЕУ ЗПГ є регазифікатори – теплообмінні апарати, потрібні для випаровування газу, який зберігається у цистернах у рідкому стані на лінії насичення та підігріву перед подачею у двигун. Вибір типів та раціональних параметрів випарників зрідженого природного газу є **актуальним** напрямком дослідження, оскільки дасть змогу знизити витрати енергії на підготовку палива та знизити масогабаритні параметри регазифікаційного обладнання.

Постановка задачі. Метою дослідження є розробка математичних моделей випарників зрідженого природного газу та визначення зміни їх параметрів у залежності від характеристики ЗПГ.

Результати досліджень. У роботі була розроблена математична модель теплообмінника типу «труба в трубі» з легкокиплячим теплоносієм. Були проведені розрахунки з визначення основних параметрів випарників даного типу при використанні в СЕУ різних моделей двопаливних двигунів фірми *Wärtsilä* (6R32DF, 6L50DF, 9L50DF, 12V50DF, 18V50DF). Характеристики обладнання визначалися у залежності від тиску зберігання ЗПГ.

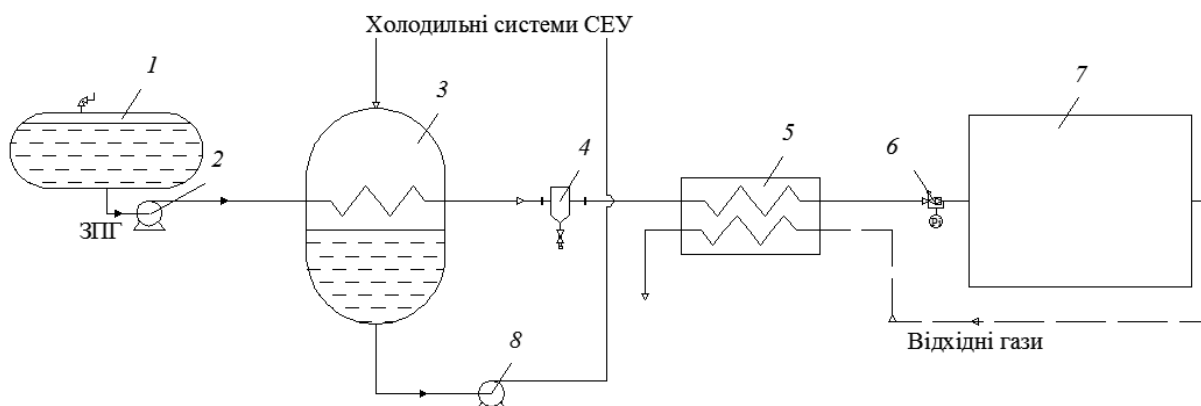


Рисунок 1 – Принципова схема паливної системи ЗПГ з регазифікатором типу «труба в трубі» з легкокиплячим теплоносієм: 1 – цистерни зберігання ЗПГ; 2 – циркуляційний насос ЗПГ; 3 – випарник-льодогенератор; 4 – відокремлювач рідкої фази; 5 – кожухотрубний підігрівач ЗПГ; 6 – регулятор тиску; 7 – ГД; 8 – циркуляційний насос холодоагенту

У паливній системі з теплообмінником типу «труба в трубі» з легкокиплячим теплоносієм (рис. 1) ЗПГ з двокорпусної цистерни 1 циркуляційним насосом 2 подається до випарника 3, де регазифікується. Отриманий природний газ (ПГ) при температурі та тиску насичення проходить крізь відокремлювач рідкої фази 4. Далі ПГ підігрівається у

підігрівачі 5 до температури подачі палива (0...60 °С), після чого через регулятор тиску 6 поступає безпосередньо до ГД 7.

Математична модель регазифікатора типу «труба в трубі» з легкокиплячим теплоносієм у загальному вигляді представлена контуром, що складається з регазифікатора ЗПГ – конденсатора хладона. В основу моделі покладена система двох нелінійних диференціальних рівнянь виду:

$$\frac{dh_1}{dl} = \frac{\pi d K}{G_1} (t_2 - t_1);$$

$$\frac{dh_2}{dl} = \frac{\pi d K}{G_2} (t_2 - t_1), \quad (1)$$

де h – ентальпія, Дж/кг; d – діаметр труби, в якій рухається ЗПГ, м; l – довжина труби, в якій рухається ЗПГ, м; k – коефіцієнт теплопередачі випарника, Вт/(м²·°С); G – подача газу, кг/с; t – температура, °С; індекси 1, 2 відносяться до гарячого (хладон) та холодного (ЗПГ) потоку відповідно.

Гранична умова системи: при $l = 0 \rightarrow h_1(0) = h_{10}; h_2(0) = h_{20}$, де індекс 0 – відповідає значенню ентальпії на вході до випарника.

Враховуючи обмеження щодо використання фреонів, за легкокиплячий теплоносій обрано холодоагент R410A, який виступає в ролі заміника R22 та знайшов застосування в суднових умовах [5].

Отримані результати представлені в графічному вигляді (рис. 2, 3).

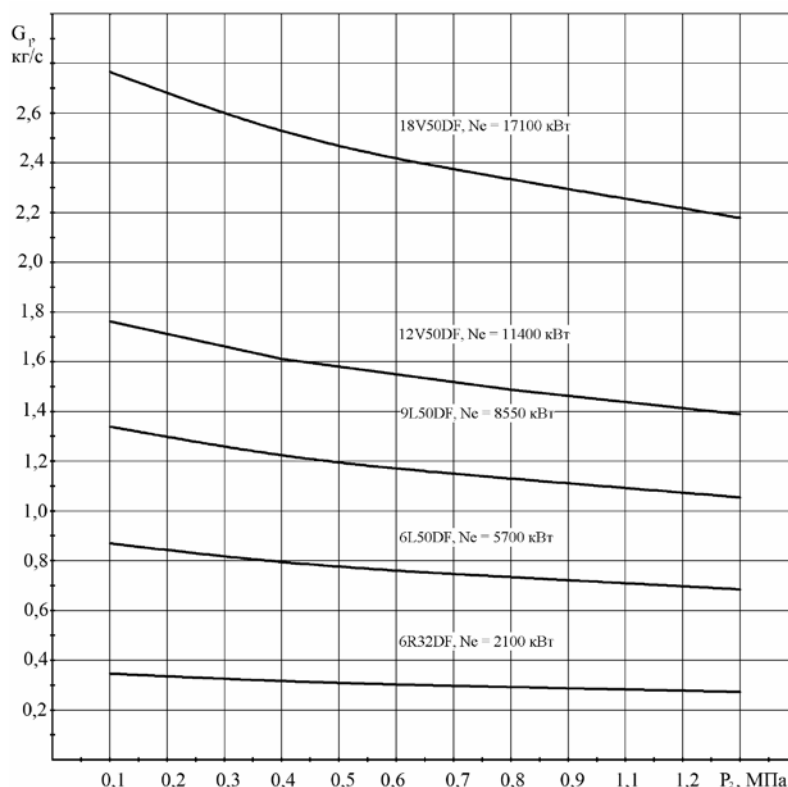


Рисунок 2 – Залежність витрати теплоносія від тиску зберігання ЗПГ у цистернах

Вплив тиску зберігання ЗПГ на витрату теплоносія (рис. 2) має однаковий характер незалежно від витрати ЗПГ. При збільшенні потужності газового двигуна спостерігається зростання масової витрати холодоагенту. Збільшення тиску зберігання ЗПГ від 0,1 до 0,4 МПа викликає зменшення витрати теплоносія на 8...9%. У розглянутому діапазоні тиску зберігання (0,1...1,2 МПа) витрата теплоносія зменшилась на 20...22% за рахунок зміни значень теплофізичних характеристик ЗПГ.

Аналіз залежності площі поверхні нагріву від тиску зберігання ЗПГ у цистернах (рис. 3) при зміні витрати ЗПГ теж підтвердив однаковий характер незалежно від потужності двигуна. Площа поверхні нагріву зменшилась на 17 % при збільшенні тиску зберігання ЗПГ від 0,1 до 1,2 МПа. Криві мають нерівномірний характер. Стрімке зменшення площі поверхні (на 13...14 %), а отже, як наслідок, масогабаритних показників регазифікатора загалом, спостерігається лише в інтервалі від 0,1 МПа до 0,5 МПа. Подальше підвищення тиску практично не впливає на характеристики випарника, але суттєво ускладнює систему зберігання палива та вимагає особливих пристроїв для підтримання такого тиску в цистернах ЗПГ.

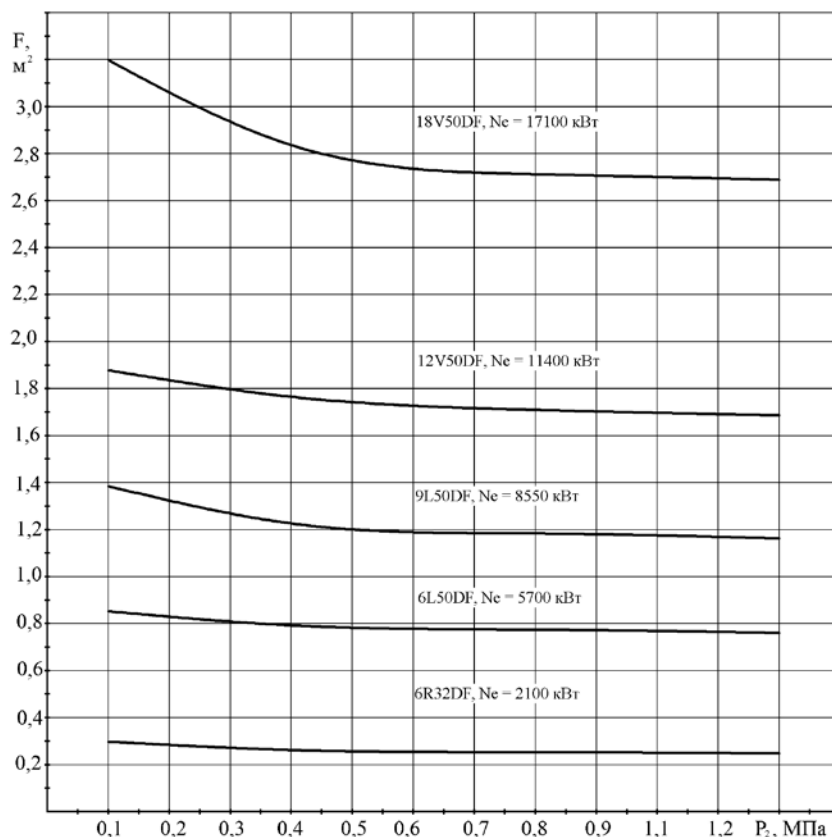


Рисунок 3 – Залежність площі поверхні нагріву від тиску зберігання ЗПГ у цистернах

Висновки. На основі створених математичних моделей процесів паливопідготовки ЗПГ визначено закономірності зміни принципових характеристик паливних систем. Отримані закономірності можуть бути застосовані для практичного використання при проектуванні паливних систем СЕУ на судах, не призначених для перевезення ЗПГ.

ЛІТЕРАТУРА

1. Berisa M. New cruise ship concept from Wartsila / M. Berisa // Twentyfour7. – 2007. – № 2. – P. 51-54.
2. «Clean» Cruising Concept // Diesel & Gas Turbine Worldwide – 2008. – April – P. 59-61.
3. LNG-fuelled cargo ship design contract // MER. – 2008. – November. – P. 37.
4. Paananen J. LNG fuelled ships and auxiliaries / J. Paananen. – Rostock: Wartsila ship power. – 2007. – 44 p.
5. Allchemi [Електронний ресурс] // Офіційний сайт компанії. – Mode of access: <http://www.allchemi.com/rus/refregerants/alternative5.html>.

МНОГОЗОННОЕ ИМПУЛЬСНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ БАРАБАННОГО ОКОМКОВАТЕЛЯ

Жусубалиев Ж.Т., Чернецкая И.Е.

Курский юго-западный технический университет (Россия),

Наговский Д.А., Исаев Е.А.

Вуз «Херсонский государственный морской институт» (Украина)

Введение. Окомкование (гранулообразование) является сложным технологическим процессом и качество производимых окатышей зависит от большого числа взаимосвязанных факторов, основными из которых являются: состав сырья и режим работы электромеханического оборудования – частота вращения, угол наклона барабана и производительность окомкователя.

Движение материала по внутренней поверхности барабана представляет собой периодическое пересыпание комкуемой массы. Поскольку такое движение является циклическим и материал имеет большую массу, то возникают значительные динамические нагрузки электропривода, определяющие износ механической части технологического оборудования.

Актуальность исследований. Значительная часть используемых в промышленности и на транспорте электроприводов остаются нерегулируемыми, что снижает качество обслуживаемого ими технологического процесса [1]. Доля регулируемого электропривода от общего числа электроприводов по данным на 2003 год составляла лишь 5-10%. Ожидается, что к 2013 г. она увеличится примерно до 40-50% [1].

Поэтому совершенствование систем управления электроприводами окомкователей с целью повышения надежности технологического оборудования, качества получаемых окатышей, уменьшения времени формирования сырых окатышей, обеспечения управления технологическим процессом в реальном масштабе времени в условиях изменения состава сырья, влажности материала и производительности окомкователя является актуальной задачей.

На выходе барабанного окомкователя производится классификация комкуемого материала на роликовых грохотах, работающих в замкнутом цикле с окомкователем. Кондиционные сырые окатыши класса крупности 9-16 мм взвешиваются и системой конвейеров направляются на обжиг. Циркуляционная нагрузка, состоящая из комкуемого материала менее 9 мм, взвешивается и системой конвейеров направляется в окомкователь. Дополнительно для определения параметра гранулообразования производится выделение из циркуляционной нагрузки гранул класса крупности 7-9 мм, которые на следующем цикле окомкования «доокатываются» до кондиционных [2].

Постановка задачи. Важным технологическим параметром, влияющим на качество формируемых окатышей, является частота вращения барабана, расчет и регулирование которой является сложной проблемой. С одной стороны, частота вращения должна обеспечивать перемещение комкуемой массы в режиме переката, являющемся традиционным режимом окомкования в барабанном окомкователе, а с другой – образование окатышей кондиционного класса требуемого качества в зависимости от меняющихся параметров технологического процесса с уменьшением времени их формирования. Поэтому для соблюдения оптимальных параметров образования окатышей необходима определенная система управления приводом барабанного окомкователя.

В [3] предложен оригинальный подход к решению этой проблемы, согласно которому расчет частоты вращения барабанного окомкователя ведется по двум составляющим, которые здесь и далее мы будем называть «механической» ω_1 и «технологической» ω_2 . «Механическая» составляющая ω_1 отражает исходное состояние процесса гранулообразования в режиме переката и обеспечивает условия формирования

слоя активного окомкования. Методика для расчета ω_1 базируется на теории взаимодействия увлажненных частиц, увеличения размера гранул при их перемещении в окомкователе под действием различных динамических нагрузок. При этом установлена аналитическая зависимость между гранулометрическим составом, физико-механическими свойствами комкуемого материала и параметрами механического оборудования (диаметром окомкователя, частотой его вращения и производительностью). «Технологическая» составляющая рассчитывается с помощью статистической модели оптимального окомкования, полученной статистическими методами при обработке 120 опытов, проведенных в условиях нормального хода процесса окомкования.

В связи с вышесказанным возникла задача разработки системы управления электроприводом барабанного окомкователя, интегрированной в систему управления технологическим процессом. Для решения этой задачи предложена система [4], основанная на импульсном реостатном регулировании момента двигателя, отличающаяся использованием многозонной импульсной модуляции [5], позволяющая уменьшить пульсации момента двигателя пропорционально числу зон, исключить перерегулирование и повысить точность воспроизведения управляющего сигнала U_y , формируемого системой сбора, обработки данных и управления технологическим процессом окомкования.

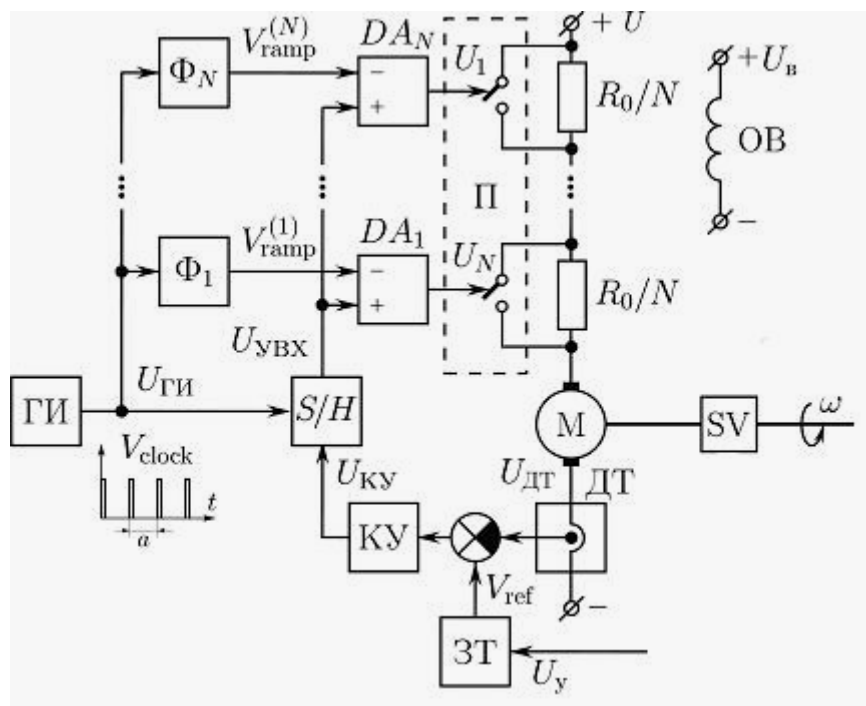


Рисунок 1 – Функциональная схема системы управления электроприводом барабанного окомкователя. ГИ – генератор тактовых импульсов; $\Phi_i, DA_s, s = 1, 2, \dots, N$ – формирователи пилообразного напряжения и компараторы, соответственно; П – полупроводниковый преобразователь; S/H – устройство выборки-хранения; КУ – корректирующее устройство; ДТ – датчик тока

Функциональная схема системы управления электроприводом барабанного окомкователя приведена на рис. 1. Система реализована на базе широтно-импульсной модуляции первого рода [4]. На вход задатчика тока якоря ЗТ поступает управляющий сигнал U_y , пропорциональный расчетной частоте ω_b вращения барабана и формируемый системой сбора, обработки данных и управления технологическим процессом. Текущая частота вращения барабана контролируется датчиком скорости SV. Пусковой резистор состоит из N регулируемых ступеней с равными сопротивлениями R_0/N . Каждой

ступени пускового резистора отводятся своя зона системы управления. В каждой зоне сопротивление регулируемой ступени пускового резистора плавно изменяется от максимального значения до нуля при изменении коэффициента заполнения управляющих импульсов по полному циклу от минимального до максимального значения. Завершение цикла определяет условие перехода в следующую зону [5].

Переключение ступеней пускового резистора при переходе из зоны в зону осуществляется плавно, тогда как в традиционных системах электроприводов с реостатным регулированием момента двигателя оно происходит скачком и с перерегулированием. При изменениях напряжения питающей сети или момента на валу двигателя, система автоматически переключается в соответствующую зону, плавно изменяя сопротивление пускового резистора, что принципиально невозможно в традиционных схемах электроприводов.

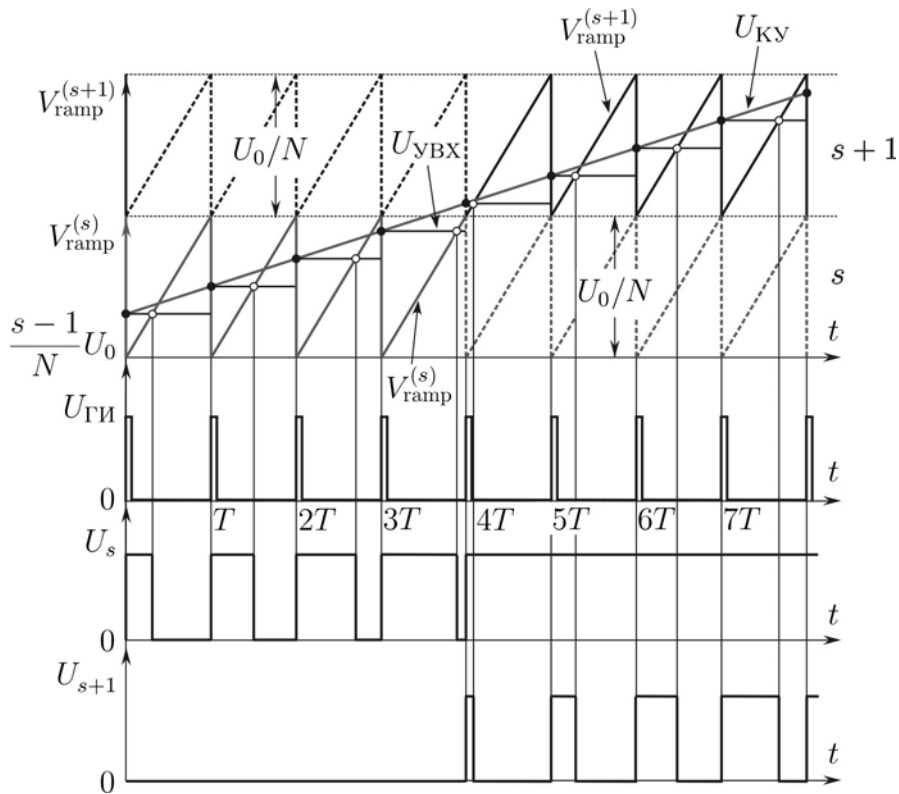


Рисунок 2 – Диаграммы, поясняющие формирование управляющих импульсов

На рис. 2 и рис. 3 приведены диаграммы, поясняющие принцип работы на примере системы с пропорциональным регулятором. На выходе корректирующего устройства КУ формируется сигнал ошибки $U_{КУ}$, равный $U_{КУ} = \alpha(V_{ref} - U_{ДТ})$. Здесь α – коэффициент усиления усилителя сигнала рассогласования; V_{ref} – сигнал задания, пропорциональный величине уставки тока якоря $i_{я}$; $U_{ДТ} = \beta i_{я}$ – выходной сигнал датчика тока ДТ, где β – коэффициент передачи датчика тока. Сигнал ошибки $U_{ЕО}$ подается на вход устройства выборки-хранения, на управляющий вход которого поступают тактовые импульсы $U_{\Delta E}$ с периодом T . По передним фронтам тактовых импульсов $U_{ГИ}$ подается развертывающее напряжение $V_{ramp}^{(s)}$, $s = 1, 2, \dots, N$. Уровень развертывающего напряжения $V_{ramp}^{(s)}$ $s+1$ -ой зоны смещен относительно развертывающего напряжения $V_{ramp}^{(s)}$ s -ой зоны на величину U_0/N . По тактовому импульсу $U_{ГИ}$ устройство выборки-хранения запоминает значение сигнала ошибки $U_{КУ}$ и хранит его до прихода следующего тактового импульса.

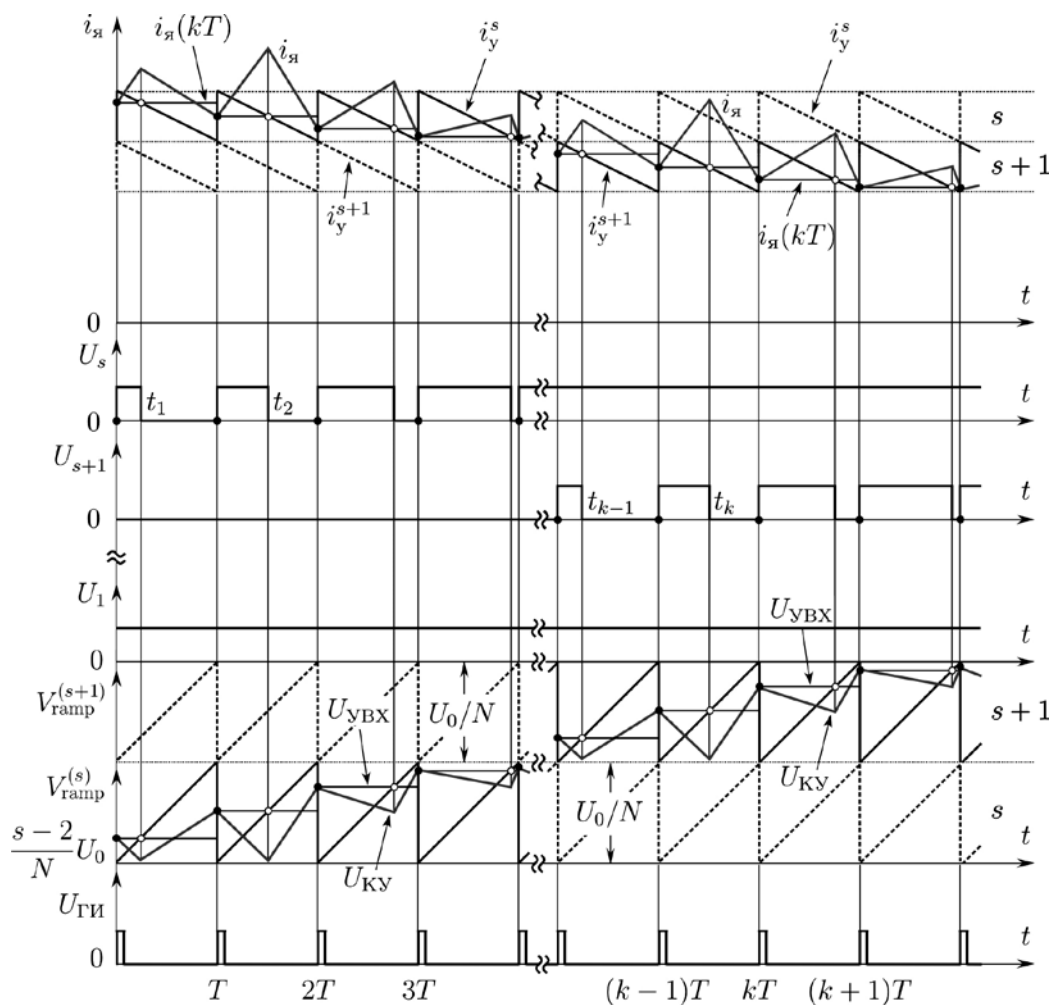


Рисунок 3 – Диаграммы, поясняющие принцип работы системы

Уставка тока якоря s -ой зоны определяется в соответствии с формулой

$$i_y^s = \frac{V_{\text{ref}}}{\beta} - \frac{V_{\text{ramp}}^{(s)}}{\alpha\beta}, \quad s = 1, 2, \dots, N, \text{ а текущее значение тока якоря в начале каждого тактового интервала связано с выходным сигналом } U_{\text{УВХ}} \text{ устройства выборки-хранения}$$

$$\text{зависимостью } i_{\text{я}}(kT) = \frac{V_{\text{ref}}}{\beta} - \frac{U_{\text{УВХ}}}{\alpha\beta}.$$

Выходной сигнал $U_{\text{УВХ}}$ устройства выборки-хранения сравнивается в компараторах DA_s , $s = 1, 2, \dots, N$ с соответствующими развертывающими напряжениями $V_{\text{ramp}}^{(s)}$. На выходах компараторов формируются модулированные по длительности управляющие импульсы U_s .

Если $U_{\text{УВХ}} < V_{\text{ramp}}^{(s)}$, т.е. $i_{\text{я}}(kT) < i_y^s$ (см. рис. 3), то на выходе компаратора s -ой зоны устанавливается состояние, равное логической 1. Этот сигнал поступает через усилитель импульсов на управляющий вход полупроводникового ключа, который замыкается и шунтирует соответствующий пусковой резистор. Ток якоря $i_{\text{я}}$ возрастает. В момент времени t_1 , когда выходной сигнал $U_{\text{УВХ}}$ устройства выборки-хранения сравнивается с развертывающим напряжением $V_{\text{ramp}}^{(s)}$, что соответствует $i_{\text{я}}(kT) = i_y^s$, компаратор переключается в состояние логического 0 и полупроводниковый ключ размыкается. Ток якоря начинает снижаться до прихода следующего тактового импульса $U_{\text{ГЛ}}$, который

перезаписывает уровень выходного сигнала $U_{\text{вх}}$ устройства выборки-хранения путем выборки сигнала ошибки $U_{\text{кв}}$. Далее описанный процесс повторяется. Коэффициент заполнения управляющих импульсов U_s определяет продолжительность замкнутого состояния полупроводникового ключа в пределах текущего тактового интервала.

По мере увеличения частоты вращения якоря электродвигателя коэффициент заполнения увеличивается от минимального значения до максимального. При достижении коэффициентом заполнения максимального значения пусковой резистор шунтируется и начинается новый цикл широтно-импульсной модуляции в $s + 1$ -ой зоне. Заметим, что при этом на выходах компараторов предыдущих S зон сигналы равны логической 1 и полупроводниковые ключи этих зон замкнуты, а выходные сигналы компараторов остальных зон, кроме $s + 1$ -ой зоны, равны логическому 0 и полупроводниковые ключи этих зон разомкнуты.

При дальнейшем увеличении частоты вращения якоря электродвигателя в работу поочередно вступают все зоны, вплоть до N -ой.

Выводы. Внедрение предложенного электропривода, интегрированного в систему управления производством сырых окатышей позволит повысить оперативность контроля и управления технологическим процессом. Использование многозонной импульсной модуляции существенно улучшает динамические характеристики электропривода. При соответствующей частоте коммутации полупроводниковых ключей и необходимом числе зон можно обеспечить сколь угодно малый коэффициент пульсаций момента двигателя и высокую точность регулирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ильинский, Н.Ф. Перспективы развития регулируемого электропривода // Электричество. – 2003. – № 2. – С. 2-7.
2. Пат. 2322519 Российская Федерация. МПК С22В 1/14. Способ управления процессом окомкования сыпучих тонкоизмельченных материалов / Чернецкая И.Е., Исаев Е.А.; патентообладатель ГОУ ВПО КурскГТУ; заявлено 2006106079/02 26.02.2006, опубл. 20.04.2008, Бюл. № 11.
3. Исаев Е.А., Чернецкая И.Е., Крахт Л.Н., Титов В.С. Теория управления окомкованием сыпучих материалов // Старый Оскол: Тонкие наукоемкие технологии, 2004. – 384 с.
4. Яночкина О.О., Чернецкая И.Е., Жусубалиев Ж.Т. Мультистабильность и квазипериодичность в системе управления барабанным окомкователем // Системы управления и информационные технологии. – 2009. – № 3 (37). – С. 58-63.
5. Кобзев, А.В. Многозонная импульсная модуляция. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1979. – 300 с.

АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ ВОДНЮ ЯК ПАЛИВА ДЛЯ ЖИВЛЕННЯ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

Корпач А.О., Лазейкін Є.Г.
Національний транспортний університет
(Київ, Україна)

Вступ і актуальність досліджень. У сучасних умовах постає проблема вичерпності існуючих традиційних палив для двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ), їх підвищена токсичність, тому виникає задача – пошук нових альтернативних видів палив. Одним з таких палив є водень. Вміст шкідливих речовин у відпрацьованих газах ДВЗ негативно впливає на здоров'я людей і стан навколишнього середовища. Саме тому, необхідною задачею сучасності постає вивчення і дослідження можливості використання водню як палива для ДВЗ, який є значно менш токсичним, ніж інші види палив.

Метою роботи є аналіз використання водню як палива на ДВЗ і вплив його викидів на навколишнє середовище.

Вивчення і аналіз основних показників двигуна, що працює на чистому водневому паливі, його сумішах з бензином у різних концентраціях, а також паливного елементу є предметом дослідження.

Результати досліджень. Найбільш перспективним напрямом в області використання водню для автомобільної техніки є комбіновані енергоустановки на базі електрохімічних генераторів з паливними елементами (ПЕ). Паливний елемент, що працює на водні, – по суті і є водневим двигуном. Паливний елемент (інакше – електрохімічний генератор) – це пристрій для перетворення хімічної енергії в електричну. Те ж відбувається й у звичайних електричних акумуляторах, але в паливних елементах є дві важливі відмінності: по-перше, вони працюють доти, поки надходить паливо; по-друге, паливний елемент не потрібно перезаряджати. [1]

Паливний елемент складається з багатьох десятків комірок, кожна приблизно в сантиметр завтовшки. Кожна комірка складається з двох електродів, розділених електролітом. На один електрод (анод) підводиться паливо (водень), на інший (катод) – окисник (кисень повітря). Водень тут не згоряє, хімічна реакція окиснення відбувається при низькій температурі в присутності каталізатора. Мета роботи пристрою, використовуючи цю реакцію, розділити позитивний і негативний заряди в просторі й створити між ними напругу. Тому електроліт, який заповнює простір між електродами, повинен мати здатність пропускати крізь себе протони (тобто йони водню) і не пропускати електрони. На аноді водень розпадається на електрони і протони, далі протони проходять крізь шар електроліту, досягають катода і, з'єднуючись із киснем, утворюють воду. Однак у питаннях отримання якісного й недорогого електроліту наука поки що зазнає величезних труднощів. Ученими всього світу ведуться інтенсивні дослідження з метою здешевлення цього матеріалу й використання його при більш високих температурах (150-200°C).

Застосування водню як добавки до основного палива може сприяти вирішенню завдання поліпшення паливної економічності ДВЗ, зниження викиду токсичних речовин і зменшення викиду двоокису вуглецю, вимоги за змістом якої у ВГ ДВЗ постійно посилюються. Добавка водню по масі в діапазоні 10-20 відсотків може стати для автомобілів з гібридними двигунами оптимальною в найближчий час. [2]

Застосування водню як моторного палива може бути ефективно тільки лише при створенні спеціалізованих конструкцій. У даний час провідні виробники автомобільних двигунів працюють над створенням таких двигунів. Основні напрямки:

1. Застосування внутрішнього сумішоутворення дозволить поліпшити на 20-30 відсотків питомі показники водневого двигуна.

2. Застосування бензоводневих сумішей для гібридних енергоустановок дасть можливість істотно знизити температуру згоряння в камері згоряння ДВЗ і створить передумови для підвищення ступеня стиснення ДВЗ, використання нових матеріалів, у тому числі і для внутрішньої поверхні камери згоряння, що дозволяють знизити втрати тепла в систему охолодження двигуна. [3]

Усе це, на думку фахівців, дозволить довести ефективний ККД ДВЗ, що працює на водні, до 42-45 процентів, що цілком порівняно з ККД електрохімічних генераторів, для яких у даний час немає даних по економічній ефективності в умовах реальної експлуатації автомобілів з урахуванням приводу допоміжних агрегатів, опалення салону та ін. [4]

Висновки. Практичне впровадження альтернативних видів енергоносіїв, що дозволяють вирішити проблему заміщення вуглеводневих палив, буде проходити поетапно.

Першим етапом в освоєнні водню може стати практичне використання його на існуючих автотранспортних засобах у якості добавки до бензину та природного газу.

Другий етап – етап використання водню в якості основного палива для двигунів внутрішнього згоряння, а надалі для електрохімічних генераторів, які дозволяють здійснювати перетворення хімічної енергії палива в енергію приводу коліс електромобіля.

ЛІТЕРАТУРА

1. Амбарцумян В.В., Носов В.Б., Тагасов В.И. Экологическая безопасность автомобильного транспорта. – М.: ООО Издательство «Научтехлитиздат», 1999.
2. Корпач А.О., Мержиєвська Л.П. Екологія та автомобільний транспорт. – К.: Арістей, 2006. – 292 с.
3. Аксенов И.Я., Аксенов В.И. Транспорт и охрана окружающей среды. – М.: Транспорт, 1986. – 176 с.
4. Луканин В.Н., Буслаев А.П., Трофименко Ю.В и др. Автотранспортные потоки и окружающая среда: Учебное пособие для вузов. – М.: ИНФРА-М, 1998. – 408 с.

ОСВЕТЛЕНИЕ СУДОВЫХ СТОЧНЫХ ВОД В ВЕРТИКАЛЬНЫХ ТОНКОСЛОЙНЫХ КАНАЛАХ СЕПАРАЦИОННО-ФИЛЬТРУЮЩИХ АППАРАТОВ

Лейбович Л.И.

Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова
(Николаев, Украина)

Введение. Как известно, одним из источников загрязнения акватории морей и рек являются суда. Свыше 90% всех транспортируемых по миру товаров перевозят суда. В порты Украины ежегодно пребывают 18 000 судов более чем из 120 стран мира. В том числе каждое десятое судно пребывает из эпидемиологически неблагоприятных стран. При этом сбрасывается более чем 200 000 000 тонн балластных вод в акваторию Черного моря [1].

Проведенные исследования [2] микрослоя поверхностных вод показали, что в районах портов и курортных зон по акватории Черного моря:

- увеличено содержание нефтяных нефтепродуктов, которое нередко превышает значение предельно-допустимой концентрации (ПДК);
- концентрация поверхностно-активных веществ (ПАВ) может превышать ПДК в 12 раз;
- распределение хлорорганических пестицидов в поверхностном микрослое может достигать 5 нг/л.

Рост загрязнения акватории Черного моря прежде всего связан с неудовлетворительной работой очистных сооружений, в том числе и на судах. Неудовлетворительная работа очистных сооружений, по мнению авторов работ [3, 4], связана с ростом потребления ПАВ, которые вызывают гибель микроорганизмов активного ила биологических очистных сооружений.

Это все вызывает необходимость ужесточения контроля Государственного санитарного надзора за предотвращением загрязнения моря с судов в соответствии с Правилами охраны внутренних морских вод и территориального моря Украины от загрязнений и замусоривания, утвержденных Постановлением Кабинета Министров Украины от 29.03.2002 г. № 431.

Актуальность исследований. Установлено [5], что загрязнения судовых сточных вод формируются на основании основных факторов, таких как: норма загрязнения, затраты воды, режим работы судна и т.д. На современных морских судах накопление сточных вод осуществляется неравномерно. В период стоянок судна в порту количество сточных вод значительно уменьшается. Усредненные показатели загрязнений судовых сточных вод имеют следующие значения: взвешанные вещества – 500 ± 60 мг/л; БПК₅ – $495 \pm 31,5$ мгО₂/л; коли-индекс – $5,8 \times 10^5$ шт/л; Общее микробное число – $4,66 \times 10^{11}$ шт/л. Прозрачность составляет – 1...2 см. Высокое содержание взвешанных частиц и низкая прозрачность судовых сточных вод связана с особенностями эксплуатации судна (вибрация корпуса, качка и др.). Следует отметить тот факт, что взвешанные частицы состоят в основном из органических компонентов. В этом случае расчет биологических средств очистки судовых сточных вод необходимо вести не на значение БПК₅, а на суммарную концентрацию растворенных и нерастворенных органических веществ в сточной воде. Учитывая данные работы [6], можно сделать вывод, что расчетное значение БПК₅ должно быть в 2...2,5 раза выше, чем определенное значение в работе [5]. Это обуславливает необходимость глубокой очистки сточных вод от взвешанных до стадии биологической или физико-химической очистки.

Любые средства очистки канализационных стоков требуют максимальной степени осветления их в первичных отстойниках [7]. Особенности эксплуатации судов не позволяют использовать традиционные радиальные или вертикальные отстойники. Более целесообразно в начальной стадии осветления сточных вод перед очистными

сооружениями применять тонкослойные отстойники. Но эти отстойники требуют модернизации, учитывающей особенности эксплуатации судна.

Одним из направлений модернизации тонкослойных отстойников является использование принципа, согласно которому задержание зернистой частицы при отстаивании зависит от высоты используемого сооружения и скорости движения воды в нем [8-9]. Из этого следует возможность значительного увеличения площади отстаивания путем послыного размещения по высоте аппарата значительного числа пластинчатых элементов, формирующих набор ячеек, в которых происходит отделение осадка от воды. Угол наклона пластин варьируется в пределах $45...60^\circ$ из соображений беспрепятственного сползания осадка под действием собственного веса и учета Архимедовой силы вдоль тонкослойного элемента. С целью улучшения разделения воды и осадка в тонкослойном элементе предусматривают несколько технологических щелей для отвода осадка внутрь канала [9]. Все же такое техническое решение не полностью отвечает судовым условиям эксплуатации.

Постановка задачи. Сложность удаления взвешанных частиц из судовых сточных вод в условиях вибрации и качки не позволяют применять в тонкослойных отстойниках техническое решение, основанное на расположении пластин сепарации под углом $45...60^\circ$. В судовых условиях возможно использование вертикальных сепарирующих каналов с фильтрующими плоскими поверхностями из специальных материалов.

В настоящее время отсутствует информация по особенностям гидродинамической обстановки в таких аппаратах. А также нет рекомендаций по оптимальным скоростям движения жидкости в каналах вертикальных отстойников и в капиллярах фильтрующих элементов, при которых обеспечивается надежная работа аппарата. В связи с этим возникла необходимость:

- формирования математической модели движения взвешанных частиц в пограничных слоях жидкостей у вертикальной стенки;
- изучения особенностей осаждения частиц на вертикальных стенках;
- экспериментальных исследований работы аппаратов осветления сточных вод с вертикальными каналами.

Результаты исследований.

Исследования дисперсного состава взвесей в судовых стоках.

Для определения граничных значений пор для движения жидкости в фильтрующей пластине были проведены исследования дисперсного состава взвесей в судовых сточных водах. Сточные воды предварительно отстаивались в течение суток с целью осаждения крупных частиц. С использованием компьютерных технологий были получены изображения измеряемых объектов. По результатам анализа фотографий объекта на основании потока видеоизображений вычислялись статистические распределения характерных размеров дисперсных включений. Распределение диаметров частиц, характерное для судовых сточных вод, представлено на рис. 1.

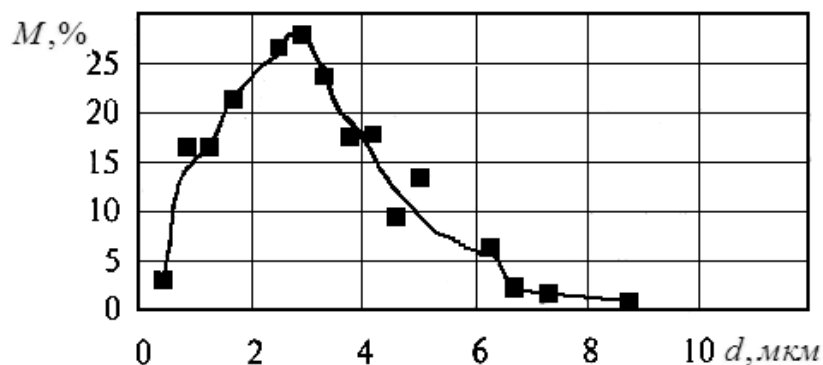


Рисунок 1 – Зависимость массовой доли частиц (M) от их размеров (d).

Анализ данных, представленных на рис., показывает, что в равновесном состоянии в судовых сточных водах преобладают частицы с размерами от 1 до 5 мкм. Таким образом, стандартные фильтрующие материалы для очистки воды от частиц с размерами более 5 мкм не позволяют очистить воду до необходимой степени. Таким образом, становится ясным, что фильтрующий материал должен иметь поры с размерами менее 1 мкм.

Формирование фильтрующего материала с заданными параметрами.

В качестве фильтрующего материала возможно использование полимерных тканей или керамики. Анализ данных по керамическим материалам фирмы «Rauschert» показал, что для достижения требуемых гидродинамических условий движения частиц можно использовать пористый кордерит на основе алюминий-магnezий-силиката. Однако, в этом случае толщина стенки фильтрующего элемента не должна превышать 0,001 м. При жестком закреплении таких элементов в судовых конструкциях оборудования очистки сточных вод достаточно сложно обеспечить надежность работы в условиях вибрации и возможных динамических ударов. Для таких условий эксплуатации оборудования фильтрующий материал должен иметь одновременно достаточную жесткость и хорошую эластичность.

Фильтрующие материалы на основе полимерных тканей не обеспечивают необходимую пористость. В связи с этим возникла задача создания необходимых свойств фильтрующего материала на основе модификации серийно выпускаемых материалов. Одним из вариантов материалов, способных к соответствующей модификации, является полипропиленовая ткань КС-34 (ТУ 8388-003-41573854-01). Применяя к ткани КС-34 соответствующие физико-химические методы обработки, можно получить требуемые свойства по пористости, жесткости и эластичности материала.

Исследования свойств модифицированной ткани КС-34.

Одним из основных параметров, определяющих работоспособность фильтрующего материала, является функция изменения пропускной способности материала при частичном заполнении пор твердыми микрочастицами. Были проведены исследования изменения пропускной способности модифицированной ткани КС-34 при движении через ее поры судовых сточных вод, содержащих твердые взвешанные частицы. В процессе экспериментальных исследований замерялась объемным методом пропускная способность модифицированного материала через каждые 900 с. Результаты исследований материала при избыточном давлении жидкости со стороны загрязненных сточных вод $3,4 \times 10^{-4}$ МПа приведены на рис. 2.

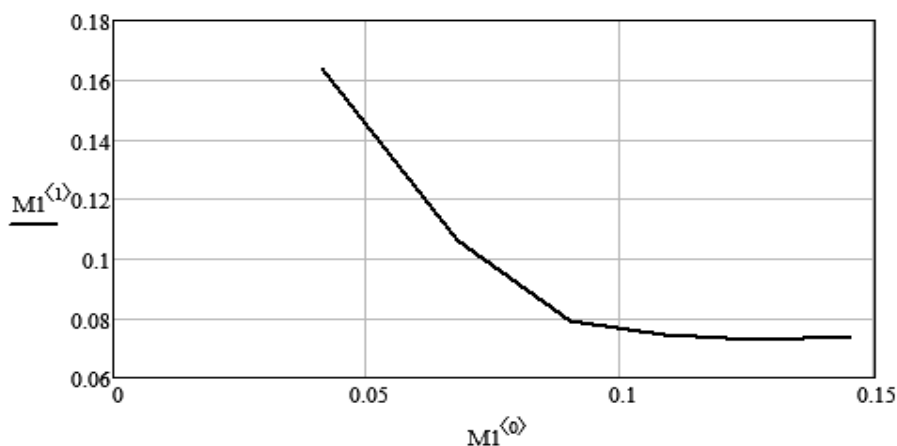


Рисунок 2 – Зависимость пропускной способности модифицированного фильтрующего материала КС-34 ($M1^{<1>}$, $m^3/ч \cdot m^2$) от суммарного количества сточных вод, прошедших через фильтрующий материал через единицу поверхности ($M1^{<0>}$, $m^3/ч \cdot m^2$).

Исследования показали, что пропускная способность модифицированной полипропиленовой ткани КС-34 резко снижается в течение первых 30 мин работы. А по истечении 60 минут пропускная способность материала стабилизируется и не изменяется в дальнейшем.

Исследования работы сепарационно-фильтрующего аппарата.

Основной задачей исследований работы экспериментального образца сепарационно-фильтрующего аппарата было определение зависимости его пропускной способности от избыточного давления сточной воды перед фильтрующей поверхностью. В связи с тем, что при большом перепаде давления на фильтрующем элементе высокодисперсные частицы с размерами менее 1 мкм глубоко проникают в поры материала. При этом в значительной мере затрудняется регенерация фильтрующих свойств материала методом обратной продувки. В соответствии с этим исследовалась работа аппарата при давлении сточной воды в сепарационных каналах не более 0,01 МПа. Результаты исследований пропускной способности сепарационно-фильтрующего аппарата представлены на рис. 3.

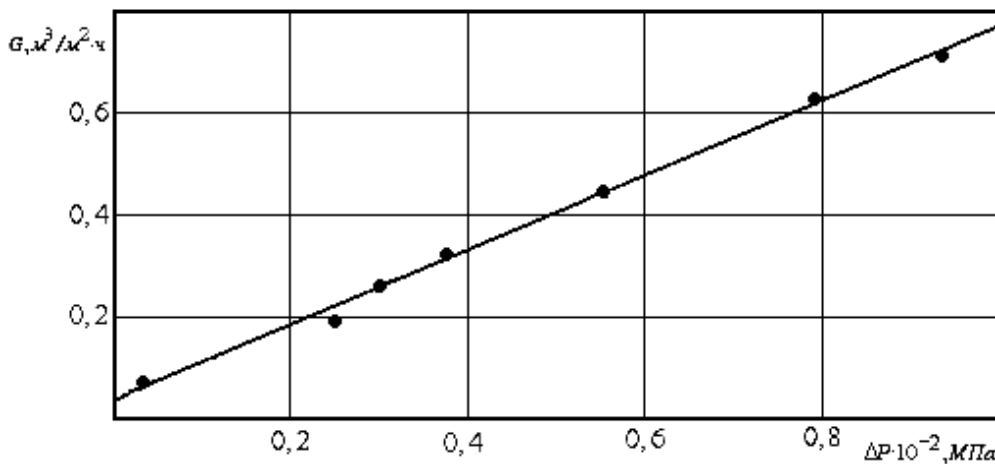


Рисунок 3 – Зависимость пропускной способности фильтрующего элемента из модифицированной полипропиленовой ткани КС-34 от избыточного давления перед аппаратом

Исследования проводились в течение 182 часов непрерывной работы аппарата на сточных водах Николаевского туберкулезного диспансера. В период исследований отмечается стабильная работа аппарата по пропускной способности. Зараствания пор фильтрующих элементов не наблюдалось. Прозрачность воды увеличилась с 2 см до 30 см. Данные дисперсионного анализа состава взвесей до и после экспериментального образца сепарационно-фильтрующего аппарата показали эффективность очистки до 90 %.

Выводы. Проведенные исследования экспериментального сепарационно-фильтрующего образца показали, что возможно использование вертикальных каналов при сепарации высокодисперсных частиц из судовых сточных вод. В качестве фильтрующего материала возможно использование модифицированной ткани КС-34 (ТУ 8388-003-41573854-01). В результате соответствующей физико-химической обработки ткань КС-34 обеспечивает устойчивую фильтрацию частиц более 1 мкм. При этом пропускная способность ткани не снижается. После физико-химической обработки ткань КС-34 приобретает достаточную жесткость, которая позволяет осуществить регенерацию поверхностного слоя ткани со стороны загрязненного потока жидкости методом обратной продувки потоком очищенной воды. На основании проведенных исследований можно рекомендовать такую конструкцию сепарационно-фильтрующего аппарата для использования в судовых условиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Голубятников Н.И. Социально-гигиенические аспекты загрязнения Черного моря и меры по улучшению обстановки в структурах морехозяйственного комплекса // Збірник наукових статей до Міжнародної науково-практичної конференції «Екологічні проблеми Чорного моря» (28-29 жовтня, 2010, Одеса): Зб. наук. ст. / Загальн. ред. В.М. Небрата. – Одеса: Інноваційно-інформаційний центр «ІНВАЦ», 2010. – С. 150-152.
2. Михайлов В.И., Монюшко М.М. Загрязнение поверхностного микрослоя Черного моря // Збірник наукових статей до Міжнародної науково-практичної конференції «Екологічні проблеми Чорного моря» (28-29 жовтня, 2010, Одеса): Зб. наук. ст. / Загальн. ред. В.М. Небрата. – Одеса: Інноваційно-інформаційний центр «ІНВАЦ», 2010. – С. 234-237.
3. Лейбович Л.И., Посторонко Л.В. Влияние ПАВ на эффективность работы очистных сооружений. // Збірник наукових статей до Міжнародної науково-практичної конференції «Екологічні проблеми Чорного моря» (28-29 жовтня, 2010, Одеса): Зб. наук. ст. / Загальн. ред. В.М. Небрата. – Одеса: Інноваційно-інформаційний центр «ІНВАЦ», 2010. – С. 66-68.
4. Волювач О.В., Стрельцова И.И., Менчук В.В. Извлечение катионных поверхностно-активных веществ из техногенных водных средств в присутствии других поверхностно-активных веществ // Збірник наукових статей до Міжнародної науково-практичної конференції «Екологічні проблеми Чорного моря» (28-29 жовтня, 2010, Одеса): Зб. наук. ст. / Загальн. ред. В.М. Небрата. – Одеса: Інноваційно-інформаційний центр «ІНВАЦ», 2010. – С. 72-74.
5. Зацеркляний М.М., Столевич Т.Б., Зацеркляний О.М. Особливості хімічного і мікробіологічного складу стічних вод суден // Збірник наукових статей до Міжнародної науково-практичної конференції «Екологічні проблеми Чорного моря» (28-29 жовтня, 2010, Одеса): Зб. наук. ст. / Загальн. ред. В.М. Небрата. – Одеса: Інноваційно-інформаційний центр «ІНВАЦ», 2010. – С. 185-186.
6. Роговская Ц.И. Биохимическая и химическая потребность в кислороде отдельных органических соединений // Водоснабжение и санитарная техника. – 1971. – № 5. – С. 20-23.
7. Ковальчук В.А. Очистка стічних вод: Навчальний посібник. – Рівне: ВАТ «Рівненська друкарня», 2003. – 622 с.
8. Демура М.В. Проектирование тонкослойных отстойников. – К.: Будівельник, 1981. – 52 с.
9. Патент №87015 України, МКП В01D 21/00. Тонкошаровий відстійник. С.М. Епоян, А.С. Карагуян, М.О. Давідян (Україна). – № 2007 08114; Заявлено 17.07.2007; Опубліковано 10.06.2009, Бюлетень № 11. – 4 с.

ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ ПО ПРОБЛЕМЕ СНИЖЕНИЯ ВРЕДНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА МОРСКУЮ СРЕДУ БАЛЛАСТНЫХ ВОД

Леонов В.Е., Лошкарёв А.Г.

Вуз «Херсонский государственный морской институт»
(Украина)

Введение. В процессе выполнения производственных рейсов морские суда посещают порты разных стран, в которых производится контроль судов в соответствии с национальным законодательством и портовыми правилами. В большинстве портов мира находящиеся в них суда подвергаются контролю трех видов: международный, государственный и независимый.

Актуальность исследований. Правовая основа по осуществлению контроля судов в портах изложена в конвенциях Международной морской организации (ММО) и Международной организации труда (МОТ), SOLAS-74 [1], ПДМНВ-78/95, МАРПОЛ-73/78, Международной конвенции о грузовой марке 1966 года, Международной конвенции по обмеру судов 1969 года, Конвенции МОТ №147.

Ранее такой контроль заключался в проверке наличия сроков действия судовых документов, его действенность была незначительной и поэтому ММО были предприняты усилия по привлечению к контролю за судами в портах возможно большего числа стран [2].

Были заключены региональные соглашения по контролю в различных районах мира: Парижский, Латиноамериканский, Средиземноморский, Токийский и др. меморандумы и можно считать, что в настоящее время работает глобальная система контроля судов в портах.

С первого января 1996 года вступила в силу резолюция ММО А.742 (18) – «Процедуры контроля за эксплуатационными требованиями, относящимися к безопасности портов и предотвращению загрязнения» и правило четыре главы XI SOLAS-74 «Контроль государства порта за выполнением эксплуатационных требований».

В 2004 году ММО была принята «Международная конвенция по контролю и управлению судовым водяным балластом и осадками», которая еще не вступила в силу.

Однако во многих странах на основании национальных законодательств были утверждены правовые акты, контролирующие сброс балластных вод в их акватории.

Постановка задачи. Важной задачей системы охраны окружающей среды является предотвращение попадания в акваторию порта вод из балластных систем судов. Вопросам управления водяным балластом судов в международной практике судоходства уделяется большое внимание. Опасностью для биоценоза и фитопланктона акваторий портов и прилегающих вод является попадание вместе с балластной водой, принимаемой в портах до выхода судна в море, значительного количества морских биологических объектов: планктона, различных организмов и их икры, личинок, а также растений.

В портах, расположенных в устьях рек, существует угроза принятия вместе с балластом и возбудителей опасных заболеваний. Ежегодно судами мирового флота перевозится более 10 млрд. т балластной воды, содержащей около четырех тысяч видов растений и животных. С увеличением размеров судов и, соответственно, количества перевозимого ими балласта перенос вместе с балластом вредных морских организмов и болезнетворных микробов стал приобретать характер экологического бедствия. Поэтому уже сейчас правительства многих стран в одностороннем законодательном порядке требуют, чтобы до захода судна в порт, прибрежные или территориальные воды находящийся на борту балласт был заменен.

Существующие в настоящее время *методы управления балластом* можно условно разделить на три категории:

1) замена (последовательный и проточный способы);
2) обработка на борту судна: механическая (фильтрация, центробежное разделение); физическая (термическая, ультрафиолетовая, ультразвуковая); химическая (дезинфекция, применение биоцидов, генерация ионов меди и серебра, катионный обмен) [3].

3) изоляция.

Каждый из этих методов имеет свои положительные и отрицательные стороны, и в будущем эксперты предполагают обеспечивать сброс балласта в береговые или плавучие емкости с последующей их обработкой.

При замене балласта в море возможно возникновение опасных ситуаций, связанных с ухудшением остойчивости судна или возникновением чрезмерных напряжений в конструктивных элементах. Поэтому такие операции должны проводиться только в соответствии с рекомендациями соответствующего классификационного общества при соблюдении определенных условий в отношении погоды, глубины моря, солёности.

Одним из путей решения проблемы «балласта» может быть его замена на полезный груз. Ранее в качестве балласта использовались твердые материалы. Так, в Херсоне и других портах Черного моря еще можно видеть тротуары, мощенные квадратными каменными плитками желтоватого цвета, которые перевозились из портов Италии в качестве балласта на судах, перевозящих зерно.

В настоящее время большое количество балласта перевозится танкерами из портов Европы в Персидский залив, где имеет место значительный дефицит пресной воды. В Саудовской Аравии используются опреснители, разрабатываются планы буксировки в этот район айсбергов от Антарктиды, а в это время значительная провозная способность танкеров, приходящих в этот район не используется.

Технически вполне осуществимо заполнить балластные танки пресной водой и доставить ее как коммерческий груз, а после ее выгрузки принимать на борт нефть. Для накопления пресной воды в портах погрузки и выгрузки целесообразно использовать плавучие емкости, которые обладают высокой мобильностью.

Если же по тем или иным причинам нельзя избежать приема забортной воды в качестве балласта, то следует обеспечить снижение его вредного воздействия в порту погрузки, где он должен откатываться за борт.

Рассматривая способы уменьшения степени опасности балласта нельзя не отметить тот факт, что применяемые методы его обеззараживания являются весьма затратными как в стоимостном, так и во временном выражении. Взятие проб балласта в порту погрузки, их анализ и необходимая обработка балласта требует значительного времени, что приводит к задержке погрузки судна.

Так как суда принимают балласт, как правило, в процессе выгрузки, находясь в порту, то существует возможность взятия проб балластной воды и получение результатов анализа еще при его приеме судном. В большинстве случаев порт погрузки, а также маршрут следования судна известны и поэтому имеется возможность определить степень опасности конкретной партии балласта для акватории порта погрузки с хорошо известным составом воды и находящихся в ней биообъектов.

При этом необходимо принимать во внимание то обстоятельство, что существование большинства морских организмов возможно только в среде с определенными граничными параметрами (температура, уровень солености воды, химический состав, наличие питательной среды). При резком изменении этих параметров многие организмы погибают.

Также для существования многих биообъектов необходимо, чтобы их количество было не менее определенного граничного значения. Если количество особей в партии балласта будет менее этого значения, то эти биообъекты не выживут и погибнут. Если откатку балласта производить с малой производительностью, то при движении судна и

при каждом отдельном сбросе содержание нежелательных биообъектов в нем будет менее критического значения и вредное воздействие будет исключено.

Результаты исследований. Таким образом, появляется возможность выделить из состава балластной воды те ее составляющие (микроорганизмы, животные и растения), которые будут представлять опасность для акватории порта погрузки судна и разработать меры по их уничтожению, которые могут выполняться как на самом судне, так и при переходе путем замены балласта. При этом, имея информацию о составе балластных вод высокой степени достоверности, можно подобрать по маршруту следования судна место для замены балласта, состав воды в которой будет оптимальным для нейтрализации опасных биообъектов.

Возникает вопрос о степени достоверности анализов воды, сделанных в порту выгрузки для экологических служб порта погрузки. Международным сообществом накоплен значительный опыт работы как государственных органов (торгово-промышленных палат, фитосанитарных, ветеринарных инспекций), так и частных структур (сюрвейерских компаний), которые предоставляют данные исследований качества и состава различных объектов высокой степени достоверности.

Предлагаемая система контроля за составом балласта с момента его приема, определения вида и степени его опасности для конкретной акватории, выбор оптимальных способов его обеззараживания позволяет повысить уровень защиты морской среды и снизить затраты по обработке балласта.

На основании выполненного анализа технической и патентной литературы переработки балластных вод можно сделать следующие выводы:

1. низкая селективность обезвреживания балластных вод используемыми физическими инициаторами и химическими реагентами;
2. низкая производительность обезвреживания балластных вод;
3. высокие затраты условно-переменных и условно-постоянных составляющих экономических показателей предлагаемых технологий обезвреживания;
4. высокие капиталовложения, себестоимость, низкая рентабельность процесса обезвреживания балластных вод;
5. отсутствуют технологические решения по оптимальному осуществлению процесса обезвреживания балластных вод на борту судна.

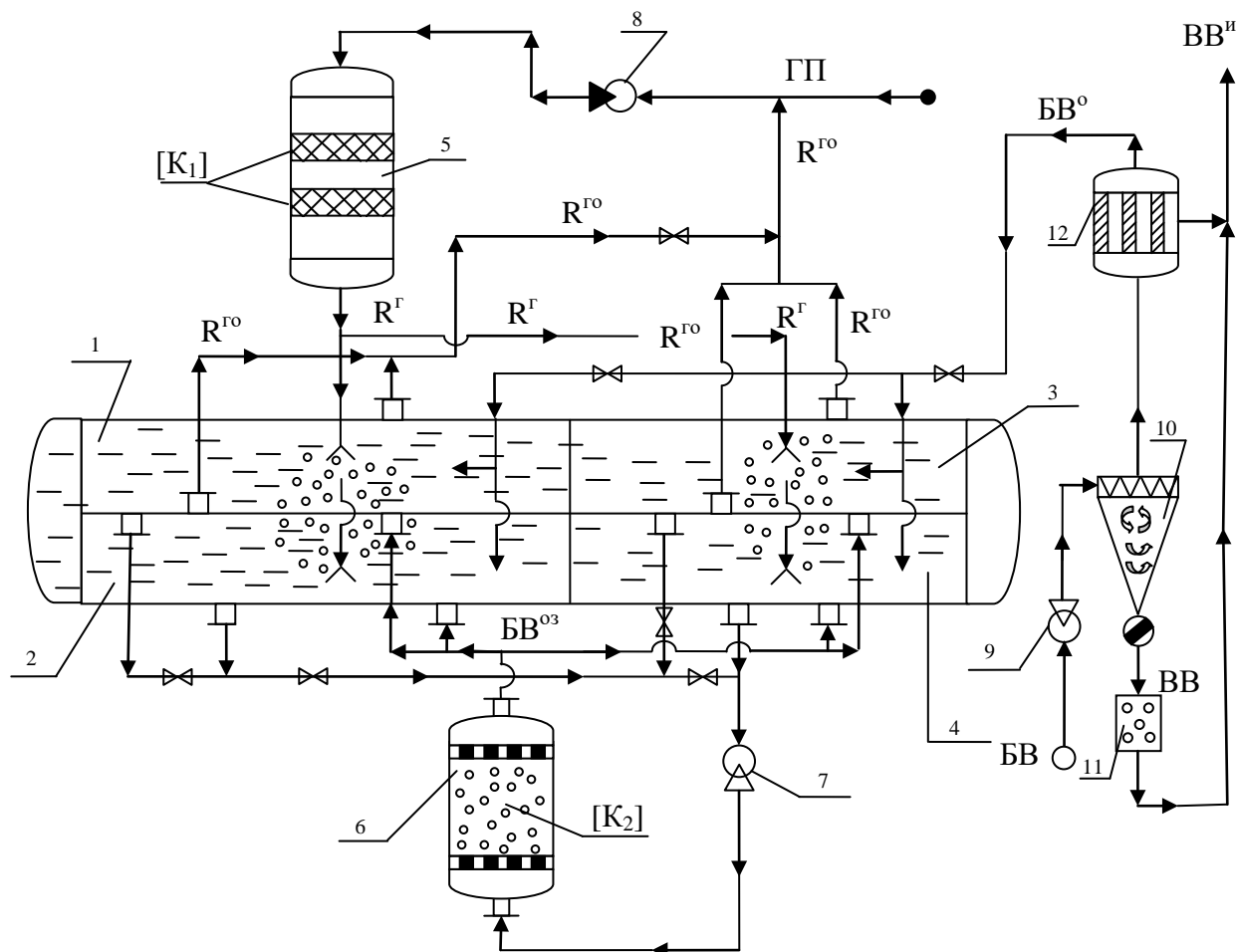
На основании выполненных научно-исследовательских и опытных работ предлагаются следующие стадии обработки балластных вод:

1. физическая очистка балластных вод от взвешенных веществ в порту выгрузки, достигаемая степень очистки от взвешенных веществ (ВВ) $\alpha \geq 99,99 \%$, седиментационный диаметр оставшихся взвешенных веществ $d_c \leq 5$ МКМ;
2. приготовление эффективного реактанта обезвреживания балластных вод с помощью гетерогенно-каталитических «red – ox» – процессов газообразных сред;
3. гетерогенно-каталитическая обработка балластных вод в «мягких» температурных режимах;
4. финишная ультрафиолетовая обработка балластных вод с обеспечением необходимого уровня безопасного качества балластных вод по показателям – химическое поглощение кислорода (ХПК), биологическое потребление кислорода (БПК₅), коли-индекс;
5. тонкая фильтрация обезвреженных балластных вод.

Стадия (1) выполняется на береговых очистных сооружениях, стадии (2-5) – непосредственно на борту судна. Принципиальные схемы балластировки и дебалластировки приведены на рисунках 1, 2.

В работе [4] сформулированы требования к катализаторам [K_{1,2}], используемым в реакторных аппаратах (5, 6).

Взвешенные вещества после первой стадии очистки (10) поступают на шаровую мельницу (11), после которой измельченные взвешенные вещества передают в качестве питательной среды на поля для преобразования в гуммус (рис. 1).



Експлікація:

- 1, 2, 3, 4 – балластні танки;
- 5 – каталітичний реактор поличного типу;
- 6 – реактор с «кипящим» слоем катализатора;
- 7, 9 – насос; 8 – компрессор;
- 10 – аппарат I стадии очистки от ВВ;
- 11 – шаровая мельница;
- 12 – фильтр II стадии очистки от ВВ*.

Условные обозначения:

- BB – исходная балластная вода;
- ВВ – взвешенные вещества;
- ВВ^И – взвешенные вещества измельчённые;
- BB⁰ – балластная вода, очищенная от ВВ;
- ГП – газовый поток; R^Г – реактант;
- R^{Г0} – реактант отработанный;
- [K_{1,2}] – катализаторы;
- BB⁰³ – балластная вода очищенная, обеззараженная;
- ⊗ – запорная арматура в положении "открыто".

Рисунок 1 – Принципиальная схема очистки и обеззараживания балластных вод

Балластную воду обрабатывают непосредственно на борту судна согласно стадиям (2-5) и получают очищенную обеззараженную балластную воду, которая по прибытии в порт направляется в береговую или плавучую емкость (6) для последующей коммерческой реализации в качестве балластных вод для порожних судов или других целей (рис. 2).

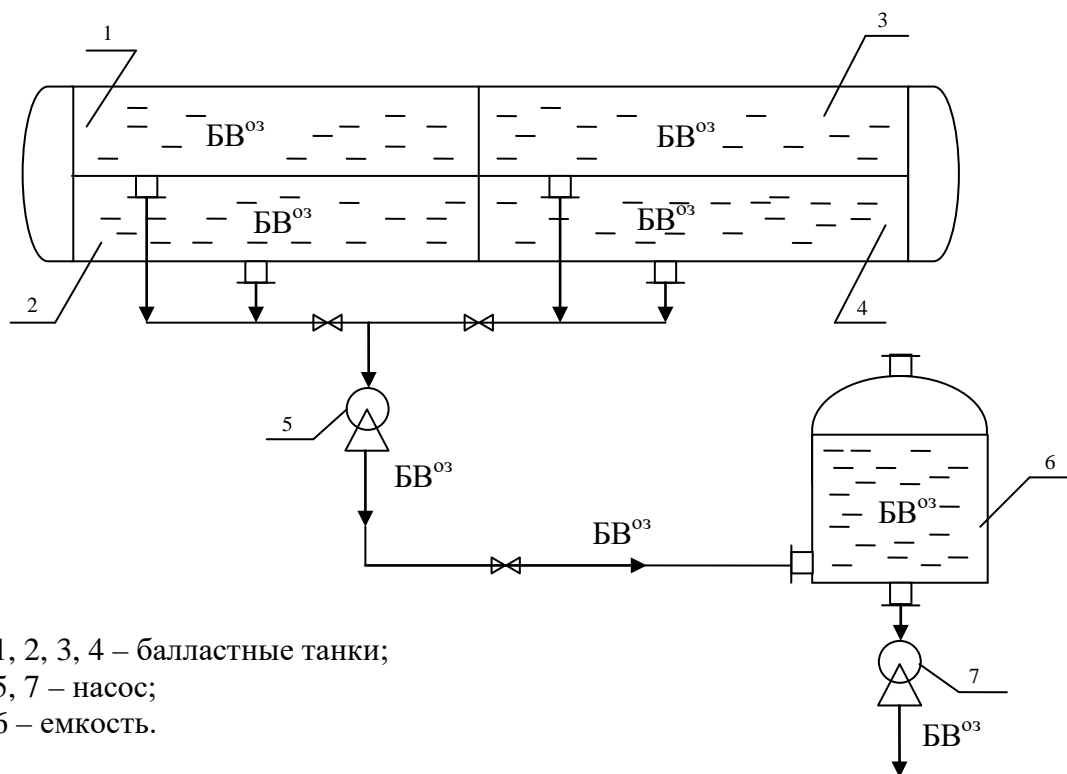


Рисунок 2 – Принципиальная схема дебалластировки судна.

Вывод. Выполнен анализ влияния балластных вод на изменение состояния морской среды, нарушение экологического равновесия и, как следствие, изменение качества и состава био-фитопланктона.

На основании научно-исследовательских и опытных работ разработаны технические предложения по очистке и обеззараживанию балластных вод, удовлетворяющих требованиям качества Международной морской организации.

ЛИТЕРАТУРА

1. SOLAS. Consolidated text of the International Convention for the Safety of Life at Sea, 1974 & its, Protocol of 1988: articles, annexes & certificates. London: IMO. 2004 – 566 p.
2. Дмитриев В.И. Обеспечение безопасности плавания: Учебное пособие для вузов водного транспорта. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2005. – 374 с.
3. Леонов В.Е., Ходаковский В.Ф., Куликова Л.Б. Основы экологии и охрана окружающей среды: Монография / Под редакцией д.т.н., профессора Леонова В.Е. – Херсон: Издательство Херсонского государственного морского института, 2010 – 352 с.
4. Леонов В.Е. Санитарная очистка отработанных газов судовых энергетических установок. // Науковий вісник ХДМІ: Науковий журнал. – Херсон: Видавництво ХДМІ, 2010. – С. 119-123.

О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ДОСТИЖЕНИЙ ПРИКЛАДНОГО МАГНЕТИЗМА ПРИ ОСВОЕНИИ КОСМОСА

Малыгин Б.В.

Вуз «Херсонский государственный морской институт» (Украина),

Боровков Е.И., Рябинин Л.И.

Международная Академия управления в технике, природе и обществе

(Санкт-Петербург, Россия)

Введение. Актуальность проблемы. Передовые страны мира ежегодно ассигнуют в освоение космоса десятки миллиардов долларов [1]. Так, например, США, Россия и Китай на астрофизические программы в 2008-2010 гг. потратили более 40 млрд. долларов.

Затраты на выполнение космических программ в основном связаны с:

1. Расходом энергоносителя.
2. Общими затратами на работу блока: «запуск-возвращение».
3. Увеличением полезного груза при экономичном расходе топлива.
4. Управлением тепло- и энергоресурса корабля при полете на расстояние 10^8 - 10^{10} км.
5. Обеспечением комфортабельности и здоровья экипажа при выполнении задания и программы.

Решение задачи. В сожившихся важными направлениями применения достижений прикладного магнетизма являются следующие.

1. Использование достижений прикладного магнетизма в управлении работоспособностью и надежностью материалов и деталей оборудования космической техники [1, 2].

2. Применение надежной управляемой магнитно-импульсной техники и технологии, позволяющей обеспечить биофизиологию и биопсихологию экипажа с позиций приспособления его к невесомости.

3. Использование энергии космического облучения на управляемое упрочнение рабочих узлов и деталей космического аппарата (так называемого эффекта «космической антидеструкции» материалов корпуса, блоков космических батарей и систем «гибкого» перевода энергии батарей в компенсаторы-аккумуляторы энергии корабля) [3].

Поставленные задачи принципиально решались следующим образом:

1. Расход любого энергоносителя (твердого, жидкого, газообразного, плазменного) можно снизить в 1,5...2,6 раза за счет магнитно-импульсной активации и диспергирования вещества. Система «А-Д» состоит из набора специальных магнитных полушайб, позволяющих дискретно «разжимать», «сжимать» и «вращать» компоненты теплового потока как до турбины, так и после выхода его из сопла. Причем, применение образующегося при полете озона ускоряет процесс окисления реактивной массы, значительно снижая как порционный расход, так и необходимый запас топлива. Применение в системе неодимовых, диспрозиевых магнитов, а также иттриевых и гафниевых пластин обеспечивает максимальную надежность работы силовой части.

2. Общие затраты на массу блока: запуск-полет-возвращение составляют не менее 50 % и обусловлены в основном стоимостью «полезной массы» системы. Уменьшив эти затраты как минимум в 2-3 раза за счет улучшения работы энергоносителя (прикладным магнетизмом), мы не только экономим деньги, но и обеспечиваем надежную дальность полета до 10^9 - 10^{10} км (при активном возвращении экипажа).

3. Решения п. 1 и п. 2 обусловят увеличение полезного груза (экипаж, резерв топлива, питание и жизнеобеспечение, исследовательская аппаратура и др.) не менее чем на 50 %.

4. Управляемый полет корабля на расстоянии до 10^9 - 10^{10} км с гарантией возвращения экипажа требует увеличить полезный груз минимум в 5...10 раз при 100 %

гарантии безотказности средств электроники, автоматики и т. п. Для этого необходимо максимально эффективно решить п. 1 – п. 3 при максимальном использовании тепловой энергии запуска (аккумуляция предварительная), тепловой, электрической и электромагнитной энергии при полете, смене курса, возвращении и т. п. И наконец. Комфортабельность и здоровье экипажа. Для этого существуют надежные и давно апробированные системы (США, СССР, Россия, Украина и др.), которые позволяют решать задачи по освоению Дальнего Космоса.

Исходя из из представленного материала, считаем важным практическую реализацию следующих технических решений.

1. Включить в систему «разгона» ракетного топлива (до и после турбины) мощные магнитные активаторы и диспергаторы, в результате чего тяга возрастает не менее чем на 20 %.

2. Устранить максимально остаточные и усталостные напряжения при помощи магнитно-импульсной обработки во всех ответственных блоках и механизмах для обеспечения их безотказности и надежности (известно, что магнитная обработка устраняет большую часть нарушений в материалах корабля от космического облучения).

Выводы. Таким образом итогом вышеизложенного является то, что исследования с применением прикладного магнетизма показали, что при оперативном комплексном применении известных и ранее разработанных систем, приборов и аппаратов в ближайшие 15-20 лет можно успешно решать первоначальные задачи по безопасному освоению Человеком ближнего, а через 50-80 лет дальнего Космоса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Боровков Е.И., Малыгин Б.В., Рябинин Л.И. О новых возможностях прикладного магнетизма в технике, промышленности и медицине. // Спец. выпуск НИИ Астрологических проблем и космической безопасности РАН. На русском и английском языке. – Санкт-Петербург: Информ. изд. № 2, 2010. – 68 с. Ил.

2. Малыгин Б.В., Бень А.П. Магнитное упрочнение изделий. (Теория и практика). – Херсон: Издательство Херсонского государственного морского института, 2009. – 352 с.: Ил.

3. Малыгин Б.В. Магнитно-импульсная терапия: Методическое пособие по лечению основных заболеваний Человека. Сб. в двух томах. – Херсон: Гор. типография, 2006. I т. – 142 с., II т. – 156 с.

ПРИКЛАДНОЙ МАГНЕТИЗМ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ И РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОГО И БЕЗОПАСНОГО ПИТАНИЯ

Малыгин Б.В.

Вуз «Херсонский государственный морской институт» (Украина)

Дюдяева О.А.

Херсонский государственный аграрный университет (Украина)

Введение. Пищевая промышленность – важная часть украинской экономики. Если добавить сферы промышленности, обслуживающие сельское хозяйство (машины и оборудование, производство удобрений, сельскохозяйственных химикатов), то сельскохозяйственный и пищевой секторы производства вместе охватывают почти 20-процентную долю ВВП страны. Однако, согласно исследованию Всемирного банка, сельское хозяйство Украины работает ниже своего предела производительности и производит лишь 22% того объема продукции, которую оно могло бы производить, исходя из доступных ресурсов. Экспортный потенциал сектора также не полностью реализован. Так, общая доля экспорта продуктов питания (и сырья, и конечной продукции) в 2009-2010 годах составляла немногим более 20% [1].

Существует целый ряд причин такого ограниченного экспортного потенциала украинских продуктов питания. Основная из них – невысокая конкурентоспособность украинских товаров из-за несоответствия международным нормам и правилам регулирования безопасности продуктов питания. Кроме того, в условиях экологически неблагоприятной ситуации в Украине, необходимость решения проблемы получения безопасных и экологически чистых продуктов питания особенно актуальна.

Термин «безопасность продуктов питания» касается различных дисциплин, связанных с процессами обработки, подготовки и хранением продуктов питания, которые предотвращают заболевания, связанные с продуктами питания. Это охватывает целый ряд процессов, которые нужно соблюдать, чтобы избежать потенциально высокого уровня опасности для здоровья [2].

Актуальность темы. Обеспечение качества и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов, состояние питания и здоровья населения Украины, членство во Всемирной торговой организации диктуют необходимость производства экологически чистых и безопасных продуктов питания, с целью повышения их конкурентоспособности, приведения в соответствие показателей качества и безопасности продовольствия к требованиям рекомендаций международных организаций (Всемирная торговая организация, Всемирная организация здравоохранения и Всемирная продовольственная организация). Основной моделью управления качеством и безопасностью пищевых продуктов в промышленно развитых странах мира является система ХАССП (анализ рисков и критические контрольные точки). Одним из принципов системы ХАССП является идентификация потенциального риска или рисков (опасных факторов), которые сопряжены с производством продуктов питания, начиная с получения сырья (разведения или выращивания) до конечного потребления, то есть на протяжении всех этапов жизненного цикла продовольствия.

Объектом исследований авторами данного доклада выбраны продукты растениеводства, которые являются одним из основных видов сырья для пищевых продуктов.

Основной задачей в решении этой проблемы является обеспеченность качественным семенным материалом. А это, в свою очередь, в значительной степени определяет качество и количество урожая.

На протяжении многих лет теоретические и экспериментальные исследования показали, что зародыш можно вывести из состояния биологического покоя, воздействуя

на семена перед посевом различными по своей природе факторами. В целях повышения посевных качеств и продуктивности будущих растений наиболее известные и часто применимые методы предпосевной обработки семян – химические, физические и биологические. Кроме того, одним из эффективных способов повышения качества посевного материала является действие на семена физическими факторами.

Для проведения исследований в указанном направлении авторами изучалась возможность применения магнитно-импульсной обработки (МИО) семян с целью улучшения его посевных показателей. Среди основных условий эффективного использования магнитного поля при обработке семян – подбор оптимального режима его обработки. Обработка семян магнитным импульсным полем способствует активизации процессов обмена веществ, усилению роста и развития растений. Улучшается энергия прорастания, всхожесть, наблюдается повышение количества продуктивных стеблей, количества семян, массы 1000 семян.

Кроме показателей качества обработка магнитным полем повышает показатели устойчивости: устойчивость молодых побегов к засоленности почв, устойчивость растений к стрессам, активизирует азотфиксацию. В процессе проведенных опытов установлено, что при обработке семян магнитным полем усиливается положительное действие удобрений.

Была сконструирована установка, позволяющая получать в рабочей зоне импульсное магнитное поле и сопутствующее ему индуцированное электрическое поле. Причем, магнитное поле, которое используется в установке, биологически безопасного энергетического спектра как для человека, так и для любых живых организмов.

Комплект установки содержит соленоид-концентратор, дозатор, вспомогательные устройства. Были разработаны конкретные программы МИО для различного вида семян и географических регионов.

Работа установки и технология улучшения основных показателей сельскохозяйственных культур базировалась на селективной магнитно-импульсной обработке семян (МИО) перед посадкой его в почву. Магнитная активизация семян способна находить в их клетках и биогеномах резервы роста, развития, хранить и передавать положительные показатели в продукты питания.

Таким образом, в результате действия магнитного поля на посевной материал повышается как урожайность сельскохозяйственных культур, так и качество продукции. Это свидетельствует о значительном экономическом эффекте метода предпосевной обработки посевного материала в магнитном поле и о целесообразности его широкого использования в производственных условиях.

Применение технологии МИО сельскохозяйственных растений, как одного из высокоэффективных, низкотоксичных факторов физического воздействия, применяемых с небольшими затратами средств и времени; внедрение их в производство позволит получать экологически чистую продукцию, соответствующую всем требованиям стандартов по показателям качества и безопасности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Обов'язкова сертифікація харчової продукції – час реформ / Консультативна програма з інвестиційного клімату 1 Група Світового Банку. Стратегічна записка. – Міжнародна фінансова корпорація, 2009. – 37 с.
2. Сатін М. Харчовий вісник: Основне джерело інформації щодо харчової безпеки. – Facts on File, Inc. – Вересень, 2008. – 2-е вид.

ЕКОНОМІЧНІ ІНСТРУМЕНТИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ТРУБОПРОВІДНОГО МАГІСТРАЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

Мартинюк О.М.

Інститут проблем ринку та економіко-екологічних досліджень НАН України
(Одеса, Україна)

Вступ. В Україні щорічно виникає 300-350 надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру. Внаслідок цього вона втрачає 2-2,5 % валового внутрішнього продукту, що стримує поліпшення економічних показників і життя населення в найближчій перспективі. Складність і масштабність проблеми гарантування безпеки населення та природного середовища, необхідність їх вирішення органами державної влади й управління всіх рівнів обумовлюється тим, що в природі, техніці і суспільстві існує надзвичайно велика кількість джерел ризику небезпек і різноманітних небезпечних факторів [1, с. 15].

За насиченістю потенційно небезпечними об'єктами Україна опереджає розвинені європейські держави. Значну частину з них становлять потенційно небезпечні підприємства (згідно з Державним реєстром ПНО у 2005 р. їх налічувалося 9798), пов'язані з переробкою та зберіганням сильнодіючих отруйних, вибухово- і вогнебезпечних речовин. У структурі потенційно небезпечних об'єктів за видами діяльності на першому місці стоять промислові підприємства (61,6 %), потім АЗС (19,8 %), вузлові залізничні станції (4,8 %) та магістральні трубопроводи (3,9 %). Натомість, за видами небезпек абсолютно переважають об'єкти пожежної (44,6 %), вибухової (40,8%), а також хімічної (8,5%) небезпек [1, с. 59]. Незважаючи на те, що підприємства магістрального трубопровідного транспорту складають лише 3,9 % від загальної кількості паспортизованих потенційно небезпечних підприємств України, їх діяльність є пожежо-, вибухо-, хімічнонебезпечною та потребує ретельного аналізу, оскільки трубопровідні системи покривають усі області, та для деяких областей України (Волинська, Рівненська, Львівська) даний показник складає 13-16 %.

Територія України вкрита досить густою і розгалуженою мережею трубопроводів (загальна довжина магістральних газопроводів становить понад 37,6 тис. км, магістральних нафтопроводів – 4,7 тис. км і продуктопроводів – 3,3 тис. км) [1, с. 17]. У даний час на території України свою діяльність здійснюють ряд магістральних трубопроводів, а саме: магістральні нафтопроводи (ВАТ «Укртранснафта», філії «МН Дружба» та «Придніпровські магістральні нафтопроводи»); магістральний газопровід (НАК «Нафтогаз України»); магістральний аміакопровід «Тольятті – Одеса» (УДП «Укрхімтрансаміак»). Магістральні нафто-, аміако-, продукто-, газопроводи утворюють одну з груп чинників безпеки на транспорті. Вони небезпечні своєю робочою речовиною (із вибухово-пожежною загрозою чи загрозою отруєння), яка звичайно передається (прокачується) під великим тиском.

Актуальність досліджень. Головною проблемою трубопровідного транспорту, що суттєво впливає на стан техногенної безпеки, є наявність значної кількості основних засобів виробництва із понаднормативними строками експлуатації. Трубопроводи побудовано 15-30 років тому, труби й обладнання яких зношено (усереднений строк служби трубопроводів 20 років). Модернізація трубопровідного транспорту проходить повільно з постійним відставанням від потреби. Він надалі залишатиметься найнебезпечнішим джерелом надзвичайних ситуацій у галузі нафтогазового господарства [1, с. 17]. Підвищену екологічну небезпеку становлять трубопроводи, резервуарні парки нафтопродуктів, зливно-наливні естакади, компресорні станції тощо. Незадовільний стан трубопроводів призводить до їх розгерметизації і супроводжується розливом і потраплянням нафтопродуктів у ґрунт, забрудненням поверхневих та ґрунтових вод. Сучасний арсенал інструментів стратегічного екологічно орієнтованого управління

транспортних підприємств досить різноманітний і ефективний. Проте, як показує аналіз наукових досліджень останніх років, залишається актуальною необхідність його подальшого дослідження для трубопровідного магістрального транспорту.

Дослідженням проблем впливу транспортної та логістичної діяльності на якісні параметри навколишнього середовища та напрямків їх вирішення присвячено роботи закордонних та вітчизняних вчених – Р. Дайну, Є. Івакіна, Д. Ламберта, А. МакКінона, М. Окландера, М. Портера, А. Роднікова, А. Семененко, В. Сергєєва, В. Стаханова, Дж. Стока, С. Уварова, Р. Хенфілду. Питання про включення екологічної складової в систему транспортного та логістичного управління розглядаються в працях Н. Андрєєвої, Н. Пахомової, Т. Скоробогатової, Є. Мішеніна, В. Мешалкіна, М. Некрасової, С. Хрістенко.

Метою даного дослідження є розгляд економічних інструментів забезпечення екологічної безпеки функціонування трубопровідного магістрального транспорту.

Результати досліджень. Питання екологічної безпеки трубопровідного транспорту регулюються Законами України «Про транспорт» (232/94-ВР), «Про трубопровідний транспорт» (192/96-ВР) та іншими актами законодавства України. Згідно зі ст. 15 Закону України «Про трубопровідний транспорт» для визначення екологічної безпеки під час розміщення, будівництва нових і реконструкції діючих об'єктів трубопровідного транспорту, а також під час їх експлуатації обов'язково повинна проводитися державна екологічна експертиза у порядку, встановленому законодавством України [2]. Підприємства трубопровідного транспорту зобов'язані здійснювати моніторинг поставок трубопроводами токсичних хімічних продуктів, зріджених вуглеводневих газів та широкої фракції легких вуглеводнів. Збір, обробка, збереження та аналіз інформації про стан транспортування трубопроводами токсичних хімічних продуктів, зріджених вуглеводневих газів та широкої фракції легких вуглеводнів здійснюються відповідними органами державної виконавчої влади в межах єдиної системи державного моніторингу відповідно до чинного законодавства України.

Головною задачею управління підприємствами трубопровідного магістрального транспорту є підвищення комплексної ефективності господарської діяльності. Екологічно орієнтоване управління таких підприємств повинне забезпечувати екологічну безпеку та екозбалансованість процесу транспортування. Сьогодні керівництво підприємств трубопровідного транспорту усвідомлює, що виробнича діяльність компанії щодо транзиту магістральними трубопроводами великої кількості нафти, газу, аміаку пов'язана з можливим впливом на навколишнє середовище. У зв'язку з цим, визначеними пріоритетами діяльності даних транспортних систем є мінімізація негативного впливу на навколишнє середовище; виконання чинних вимог щодо охорони навколишнього природного середовища; постійне удосконалення природоохоронної діяльності; безпека персоналу і населення, що проживає в зоні впливу, та інші.

Принцип своєчасних рішень шляхом ранжирування стратегічних завдань, покладений в основу системи управління, як вважають багато фахівців з менеджменту, є найбільш раціональним підходом до планування господарської діяльності і управління крупними виробництвами в умовах невизначеності зовнішнього середовища, різких змін у політиці урядів, політичної нестійкості, непередбачуваності НТП із раптовими технологічними проривами, швидких змін у позиціях конкурентів [3, с. 52].

Сьогодні побудова ефективного механізму реалізації стратегічного екологічно орієнтованого управління підприємствами, зокрема трубопровідного магістрального транспорту, перетворюється на важливу наукову і практичну проблему. Під механізмом реалізації стратегічного екологічно орієнтованого управління транспортним підприємством нами розуміється сукупність норм, методів, засобів та важелів впливу на формування стратегії екологічно орієнтованого управління з метою забезпечення екологічної безпеки його роботи і зниження екологічних наслідків для навколишнього середовища та суспільства.

Модель реалізації механізму стратегічного екологічно орієнтованого управління транспортним підприємством передусім зумовлюється пануючим на підприємстві підходом до формування стратегічного управління взагалі. Також найчастіше на підприємстві, особливо на перших етапах, робиться спроба доповнення існуючої системи організації екологічного управління елементами стратегічного менеджменту. Таким чином, на підприємстві реалізується аддитивно-функціональний підхід. Його можливості обмежені, оскільки колишні структури часто заважають введенню нової екологічної політики.

Екологічні вимоги, що пред'являються до трубопровідного магістрального транспорту, природно потребують власних структур. Іншими словами, організаційна структура самої транспортної системи повинна адаптуватися до нових умов, і охорона навколишнього природного середовища має бути органічно інтегрована в неї. У цьому суть інтегрованого підходу або зеленої реструктуризації підприємств трубопровідного транспорту.

На практиці механізм реалізації стратегічного екологічно орієнтованого управління підприємством реалізується за допомогою інструментів стратегічного екологічно орієнтованого управління, під якими у дослідженні розуміється засоби впливу на соціально-економічні процеси, які дають змогу не допустити або мінімізувати негативні наслідки впливу на довкілля та забезпечити зниження техногенного навантаження на навколишнє природне середовище.

Система інструментів екологічно орієнтованого управління трансформується по мірі розвитку законодавства, культури ведення бізнесу, змін економічних умов у державі. Більш того, використання сполучення тих чи інших інструментів залежить, з одного боку, від юридичної (форма власності), технологічної та організаційної специфіки діяльності, а також від ступеня розвинутої самого екологічного менеджменту транспортного підприємства.

На наш погляд, однією з найбільш важливих систем економіко-екологічних інструментів в рамках стратегічного екологічно орієнтованого управління транспортним підприємством є система оціночно-аналітичних інструментів. Тому зупинимося на розгляді саме цієї системи. До інструментів, що входять у склад цієї системи, на наш погляд, слід віднести такі інструменти як: економіко-екологічний аналіз, екологічна експертиза, екологічний аудит, екоконтролінг та діагностика системи екологічного управління на транспортному підприємстві (рис. 1).

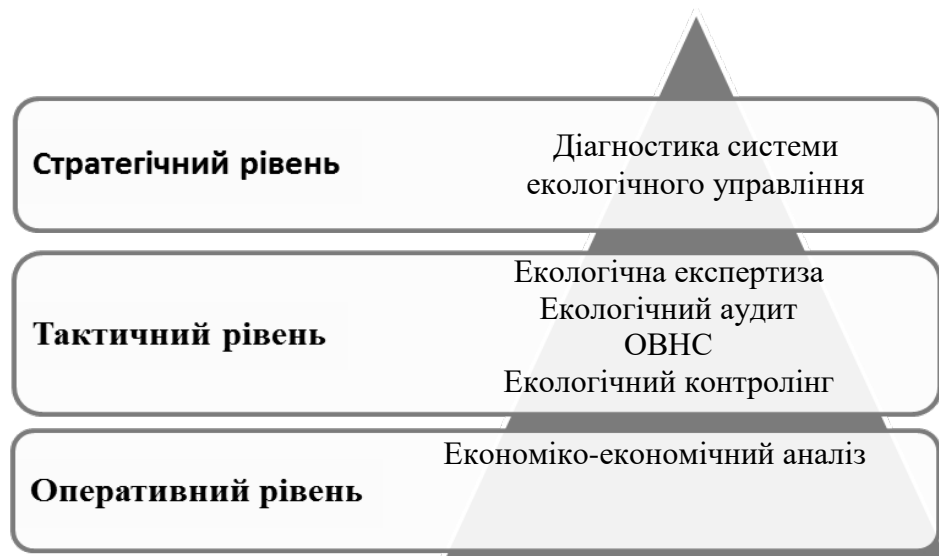


Рисунок 1 – Система оціночно-аналітичних інструментів реалізації екологічно орієнтованого управління підприємством

Дані інструменти щодо їх використання у діяльності транспортного підприємства доцільно розглядати в сукупності у вигляді піраміди оціночно-аналітичних інструментів, оскільки кожен з них розглядає різні сфери екологічного управління, тому у сукупності результати використання даних інструментів дозволяють сформувати базис для прийняття управлінських екологічно спрямованих рішень.

Плавне проникнення і взаємопов'язаність оціночно-аналітичних процедур від оперативного рівня до стратегічного дозволяє забезпечити комплексний підхід до вивчення ресурсно-екологічного стану, а значить, створити всі передумови до досягнення успіху у сфері забезпечення екологічної безпеки транспортного підприємства.

Зазначимо, що порядок та параметри проведення екологічної експертизи визначені відповідно Законами України «Про екологічну експертизу» (№45/95-ВР від 09.02.1995 р.) та «Про екологічний аудит» (№1862-IV від 24.06.2004 р.), стандартами серії ДСТУ ISO 14000, зокрема 14010, 14011, 14012, ДСТУ ISO 19011.

Вищеперелічені механізми законодавчо закріплені і широко досліджені вітчизняними і зарубіжними вченими. Порівняно із ними більш маловивченим, але не менш важливим є інший оціночно-аналітичний інструмент, а саме екологічний контролінг. Екологічний контролінг є відносно новим оціночно-аналітичним інструментом стратегічного екологічно орієнтованого управління. Існують різні підходи до визначення поняття еко-контролінгу. Ряд авторів під еко-контролінгом розуміють просто поєднання інструментів екологічного обліку, контролю, аналізу і аудиту, інші ототожнюють його з екологічними інформаційними системами. У 80-і рр. ХХ століття під еко-контролінгом розумілася система підтримки шляхом екологічного обліку рішень менеджменту на користь форсованих зсувів фірми до охорони навколишнього середовища, та інформаційна система на базі еко-балансів.

Т. Кірсанова, Є. Кірсанова, В. Лук'янихін у своїх дослідженнях розглядають екоконтролінг як «систему екологічного планування та обліку, екологічного контролю, аналізу та аудиту, реалізація яких сприяє прийняттю альтернативних підходів до здійснення оперативного та стратегічного управління підприємством, спрямованих на досягнення еколого-економічної ефективності» [4, с. 45].

Наша позиція щодо розуміння сутності еко-контролінгу дещо відрізняється від запропонованої вищезгаданими авторами. У розумінні концепції еко-контролінгу автор розділяє точку зору родоначальників цієї концепції – відомих німецьких учених Е. Майера, Р. Мана [5]. Згідно з їх трактуванням суть концепції контролінгу полягає в тому, що вона об'єднує традиційні функції обліку, планування і маркетингу в рамках окремого підприємства в єдину систему управління, координуючи обидва види мислення – системне і прямолінійне. Виходячи з класичного трактування контролінгу, вважаємо за доцільне під екологічним контролінгом у системі стратегічного екологічно орієнтованого управління транспортним підприємством розуміти систему екологічного планування, обліку та управління витратами, екологічного контролю, екологічного маркетингу, реалізація яких сприяє прийняттю альтернативних підходів до здійснення оперативного та стратегічного управління підприємством, спрямованих на досягнення еколого-економічної результативності. У межах еко-контролінгу, перш за все, слід розглядати екологічний маркетинг, як ринковий інструмент аналізу зовнішнього середовища. При цьому, екологічний аналіз та екологічний аудит – це самостійні інструменти стратегічного менеджменту, їх слід розглядати в тісному взаємозв'язку з екологічним контролінгом та економіко-екологічною діагностикою транспортного підприємства.

Екологічний контролінг застосовує велику кількість методів стратегічного екологічно орієнтованого управління, а саме: екологічний SWOT-аналіз; аналіз екологічного ланцюжка цінностей; аналіз системи екологічних показників (індикаторів); аналіз екологічного життєвого циклу та ін. У функції контролінгу у рамках діяльності транспортного підприємства входять, передусім, підтримка процесу ухвалення і представлення системної управлінської інформації.

Зокрема, стратегічний контролінг дозволяє органу управління визначати, які зміни в діяльності слід провести (наприклад, це стосується реалізації принципів стратегічного екологічно орієнтованого управління якістю та безпекою або екологічного інжиніринга бізнес-процесів). Інформаційна підтримка процесів ухвалення рішення щодо впровадження ресурсозберігаючих технологій у рамках функціонування транспортної системи здійснюється на основі можливостей динамічних експертних систем. При побудові інформаційних систем необхідно використовувати об'єктно-орієнтовану технологію, методи імітаційного моделювання та інші.

Діагностика системи екологічно орієнтованого управління підприємством трубопровідного транспорту є узагальнювальним і завершуючим елементом піраміди оціночно-аналітичних інструментів. Відзначимо, що саме поняття діагностики в системі екологічно орієнтованого управління підприємством введено також, як і екологічний контролінг достатньо недавно і тому існують різні підходи до розуміння сутності і особливостей реалізації даного інструменту. На наш погляд, діагностика покликана узагальнити всю інформацію, отриману за допомогою інших аналітичних інструментів і стати базисом для подальшого вироблення керівництвом екологічно орієнтованих стратегічних рішень щодо розвитку транспортної системи, а також покликана сприяти зміні системи і структури екологічно орієнтованого управління транспортним підприємством, переорієнтовуючи її на збалансований тип розвитку в рамках міжнародної парадигми сталого розвитку. Діагностика стратегічного екологічно орієнтованого управління підприємством є важливим процедурним елементом формування його стратегії екологічно орієнтованого управління.

Слід зазначити, що при моделюванні процесу функціонування підприємства необхідно застосовувати не «реактивний» підхід до управління власністю, а «проактивний». У цьому випадку при управлінні інфраструктурою враховується довгострокова перспектива розвитку транспортного підприємства, а не лише реакція на поточну зміну ситуації на транспортному ринку. До завдання стратегічного планування відноситься і визначення нормативів, що забезпечують зниження експлуатаційних витрат у період спаду перевезень і підвищення надійності та екологічної безпеки в період збільшення розмірів вантажопотоків.

Для нових завдань, що виникають в умовах ринку, об'єктивно властиві багатокритеріальність, нечіткість, невизначеність вихідної інформації і наявність фактору ризику. Можна говорити, що ситуація на транспорті складається таким чином, що багато теоретичних розробок, пов'язаних із застосуванням складного математичного апарату, можуть виявитися затребуваними саме сьогодні.

Прийняття якісних управлінських рішень, що визначають стратегію і тактику розвитку транспортної системи, можливо лише за наявності гнучкої оптимізаційної системи, що враховує багатопараметричність, багатокритеріальність, невизначеність і нечіткість вихідної інформації, а також що забезпечує автоматизацію процесу пошуку найкращих параметрів об'єктів транспортної системи.

При дослідженні особливостей формування стратегічного екологічно орієнтованого управління необхідно враховувати імовірнісну природу та економіко-екологічні ризики протікання технологічних процесів, обумовлену чинниками зовнішнього та внутрішнього середовища. Серед цих чинників можна виділити нерівномірність надходження транспортних вантажів, зміну вимог вантажовласників з приводу складу транспортних послуг, відмови в роботі технологічного обладнання, змінний рівень експлуатаційної надійності та екологічної безпеки та інші.

Крім того, магістральний трубопровідний транспорт необхідно віднести до економічних систем, що розвиваються та мають дві підсистеми: експлуатовану і створювану (що будується, реконструюється або модернізується). У даному випадку мається на увазі оптимізація процесу розвитку, а не лише діяльності експлуатованих об'єктів системи в цілому. Вирішення даної проблеми має багатоваріантний характер,

залежний від багатьох умов і обмежень. У зв'язку з цим при проектуванні, плануванні і управлінні діяльністю транспортним підприємством необхідно розглядати комплекс взаємопов'язаних оптимізаційних завдань.

У сучасному стратегічному екологічно орієнтованому управлінні підприємствами трубопровідного магістрального транспорту, на наш погляд, можна виділити наступні напрями діяльності:

1) екологічно орієнтована інноваційна діяльність, спрямована на створення, пошук і впровадження екологічних інновацій у практику функціонування транспортних систем (тобто мова йде про управління екологічними інноваціями в системі стратегічного інноваційного управління);

2) управління технологічними процесами транспортування і перевантаження (тобто мова йде про управління внутрішніми факторами стратегічного екологічно орієнтованого управління);

3) управління організацією діяльності транспортного підприємства на ринку послуг з транспортування небезпечних вантажів за допомогою стратегічного екологічного маркетингу (тобто мова йде про управління зовнішніми факторами стратегічного екологічно орієнтованого управління).

Висновки. Резюмуючи вищевикладене, слід зазначити, інструменти стратегічного екологічно орієнтованого управління транспортним підприємством необхідно розглядати системно та комплексно, оскільки у сукупності результати використання даних інструментів дозволяють сформулювати базис для прийняття управлінських екологічно спрямованих рішень. Також, слід зазначити, що в управлінні підприємствами трубопровідного транспорту пріоритетним повинне стати екологічно орієнтоване інноваційне управління. Приділення максимальної уваги впровадженню техніко-технологічних інновацій у практичну діяльність транспортної системи певною мірою є правомірним, оскільки структурні підрозділи таких підприємств є техногенними об'єктами підвищеної небезпеки. Проте, приділення уваги на підприємстві впровадженню тільки технічних та технологічних інновацій, у сучасній економіці є вже не достатнім. Тому необхідно поряд з технічними інноваціями ширше використовувати організаційно-управлінські інновації, що обумовлює використання нових теоретичних та методичних підходів до стратегічного екологічно орієнтованого управління трубопровідним магістральним транспортом. Усе це буде сприяти підвищенню рівня екологічної безпеки діяльності даної системи.

ЛІТЕРАТУРА

1. Безпека регіонів України і стратегія її гарантування: у 2-х т. / [Б.М.Данилишин, А.В.Степаненко, О.М.Ральчук та ін.] – К. : НВП «Видавництво «Наукова думка» НАН України», 2008. – Т. 1. – 389 с.

2. Закон України «Про трубопровідний транспорт» (192/96-ВР) від 15 травня 1996 р. (із змінами та доповненнями) [Електронний ресурс] // База законодавства України на сайті Верховної Ради України. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi>.

3. Андрєєва Н.М. Розробка критеріїв і процедур екологічної оцінки інвестиційних проектів у рамках екологізації інвестиційної сфери України // Економіка: проблеми теорії та практики : зб. наук. праць : статті / Н.М.Андрєєва, О.М.Андрєєва. – Дніпропетровськ, 2006. – Вип. 215. – С. 424-430.

4. Кирсанова Т.А. Экологический контроллинг – инструмент экоменеджмента : [монография] / Т.А.Кирсанова, Е.В.Кирсанова, В.А.Лукьянихин. – Сумы : Изд-во «Козацький вал», 2004. – 222 с.

5. Майер Р. Контроллинг как система мышления и управления / Р.Майер; пер. с нем. – М. : Финансы и статистика, 1993. – 96 с.

МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ РЕМОНТА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ГОРОДА

Нефедов Л.И., Бабенко Е.П., Перепелица Ю.В.
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет
(Украина)

Введение. В последнее десятилетие особое внимание уделяется повышению эффективности управления проектами ремонта автомобильных дорог (АД) города. Управление проектом представляет собой методологию организации, планирования, руководства, координации человеческих и материальных ресурсов на протяжении жизненного цикла проекта (говорят также – проектного цикла), направленную на эффективное достижение его целей путем применения системы современных методов, техники и технологий управления для достижения определенных в проекте результатов по составу и объему работ, стоимости, времени, качеству [1-3].

Качество дороги – степень соответствия всего комплекса показателей технического уровня, эксплуатационного состояния, инженерного оборудования и обустройства, а также уровня соответствия нормативным требованиям.

Оценку прочности дорожных одежд проводят для решения вопроса о необходимости усиления или введения временного ограничения дорожного движения в случаях, когда нет возможности своевременно выполнить необходимые работы по усилению дорожных конструкций или обеспечению водоотвода.

Как известно, дорожные проблемы лучше предусматривать и предупреждать заранее, чем затрачивать куда более значительные усилия и средства на ликвидацию неблагоприятных последствий.

Актуальность исследования. В управлении ремонтным производством выделяют следующие задачи, которые представлены на рисунке 1: мониторинг текущего состояния АД; экспертиза состояния АД по конструктивно-геометрическим и транспортно-эксплуатационными показателям; определение участков дорог, требующих ремонта, их видов по перечню работ и возможных проектов их реализации; формирование портфеля проектов ремонта АД на перспективу; формирование портфеля проектов ремонта АД на текущий год; определение потребности в дорожно-строительных материалах (ДСМ) и их стоимости; оперативно-календарное планирование проектов ремонта АД.

Дорожно-строительные управления и дорожно-эксплуатационные хозяйства должны обеспечивать высокое качество, надежность и долговечность выполняемых работ в соответствии с государственными стандартами, техническими условиями и правилами, непрерывно совершенствовать выполняемые работы на основе достижений науки, техники и передового опыта, вносить для этого предложения об усовершенствовании государственных стандартов, норм и технических условий, определяющих качество работ.

Из-за большой сложности и размерности таких задач, большого количества противоречивых функциональных и экономических критериев и ограничений вместе с неопределенной и неполной исходной информацией существующие традиционные модели мониторинга и методы управления проектами ремонта АД не позволяют оперативно принимать научно-обоснованные и эффективные решения.

Выбор цели и постановка задачи. Целью исследования является повышение эффективности управления проектами ремонта АД города за счет разработки новых и усовершенствования существующих моделей и методов принятия решения по многим критериям с учетом неопределенности исходной информации.

Для решения поставленной задачи необходимо разработать:

- информационную технологию, которая позволит структурировать процессы принятия решений, определить последовательность и сроки реализации проектов проведения ремонтных работ для выбранных участков АД города с распределением

материальных, технических и людских ресурсов по затратным и функциональным критериям эффективности в условиях разной степени неопределенности исходной информации;

- структурную модель информационно-справочного обеспечения, которая реализована в виде автоматизированных банков данных (АБД).



Рисунок 1 – Структурная модель управления проектами ремонта АД города

Разработка информационной технологии управления проектами ремонта АД города. Была разработана информационная технология, которая представлена на рисунке 2 и включает следующие основные этапы решения задачи.

Решение задачи начинается на первом этапе с формулирования цели управления проектами ремонта АД, разработки методологии ее достижения, которая включает выбор и обоснование методов многокритериальной оценки и оптимизации в зависимости от степени неопределенной исходной информации.

Для принятия решения обосновываются и выбираются метод анализа иерархии в условиях неопределенности информации, модели многокритериальной оценки и оптимизации в зависимости от степени неопределенности исходной информации и разрабатывается информационное обеспечение для эффективного взаимодействия менеджеров проектов с ЭВМ.

На втором этапе проводится мониторинг и выбирается план проведения экспертизы текущего состояния покрытия АД, затем определяются задачи исследования и рассматриваются методы их решения.

Оценка качества содержания АД (нескольких дорог или их участков) производится дорожно-эксплуатационной организацией ежеквартально. С этой целью назначается

специальная комиссия, которая путем осмотра дороги и сооружений в действительности оценивает ее качество содержания.



Рисунок 2 – Информационная технология управления проектами ремонта АД города

Качество содержания АД или отдельного ее участка оценивается по следующим элементам:

- земляное полотно и водоотводные устройства;
- дорожная одежда;
- искусственные сооружения;
- обстановка пути и благоустройство дороги (дорожные знаки, автопавильоны, ограждающие устройства и др.);
- снегозадерживающие устройства;
- линейные здания.

На третьем этапе разрабатываются модели определения участков дорог, требующих ремонта, и их видов. Ремонты направлены на обеспечение потребительских свойств АД – совокупности транспортно-эксплуатационных показателей, которые непосредственно отвечают интересам пользователей и действующим требованиям согласно Законам Украины: «Об автомобильных дорогах», «Об автомобильном транспорте», «О дорожном движении» и «Правилам дорожного движения». Согласно принятой классификации устанавливается два вида ремонта: капитальный и текущий (планово-предупредительный).

Капитальный ремонт – это запланированный объем работ по комплексному восстановлению или улучшению транспортно-эксплуатационных характеристик АД и инженерных сооружений или приведению геометрических параметров и технических характеристик отдельных элементов с учетом роста интенсивности движения и осевых нагрузок к действующим нормативным требованиям с учетом категорий и значения дорог согласно с ДБН В.2.3-5; ДБН В.2.3-6 [4-5].

Текущий (планово-предупредительный) ремонт АД – это запланированный объем работ и восстановление транспортно-эксплуатационного состояния АД и инженерных сооружений, а также работы с улучшенным обустройством АД.

Вид ремонта, состав и объем работ по каждому участку дороги и отдельному дорожному сооружению устанавливаются на основании результатов диагностики и оценки их фактического состояния, инженерных поисков, испытаний и исследований, которые зафиксированы в ведомостях дефектов и разных документах с учетом межремонтных сроков эксплуатации дорожных одежд и покрытий на АД общего назначения согласно ВБН Г.1-218-050 [6].

На четвертом и пятом этапах разрабатываются модели формирования портфеля проектов ремонта АД на перспективу и формирования портфеля проектов ремонта АД на текущий год.

Затем на шестом этапе производится разработка методов определения потребности в ДСМ и их стоимости, а на седьмом этапе – оперативно-календарное планирование проектов ремонта АД.

Результаты каждого из этапов являются исходными данными для последующих этапов. На каждом из этапов есть возможность перехода не только на следующий этап, но и на любой из предыдущих для коррекции ранее принятых решений.

Полученные результаты сравниваются с целью управления проектами ремонта АД. Если цель достигнута, то переходят к реализации принятых решений. В противном случае необходимо повторить все расчеты сначала.

Структурная модель информационно-справочного обеспечения реализована в виде автоматизированного банка данных (АБД), включающего в себя базы данных (БД) различной направленности и систему управления БД (СУБД), регулирующую механизм доступа к ним (запись, объединение, выдачу и удаление информации) в зависимости от запросов.

В зависимости от типа хранящейся информации, отражающей разные свойства объектов и процессов управления, БД подразделяются на: декларативные и процедурные. По сроку хранения декларативные БД классифицируются следующим образом: нормативные и оперативные. БД нормативных документов содержат наибольший объем информации. БД оперативной информации (БДОИ) несут в себе информацию, относящуюся к конкретному объекту и хранящуюся весь период его управления. Оперативные БД содержат информацию, необходимую в момент разработки того или иного решения на текущем этапе управления конкретным объектом.

Оперативная БД может содержать информацию практически из всех разделов БД нормативных документов (БДНД) и процедурной БД, необходимой для принятия конкретного решения на отдельном этапе мониторинга и управления проектами ремонта АД города.

В БДОИ осуществляется формирование модели и процесса ее реализации на текущем этапе.

Взаимодействие компонентов АБД между собой и внешней средой осуществляется с помощью СУБД.

Реализация разработанного информационно-справочного обеспечения осуществляется посредством современных технологий.

Вывод. Впервые разработана информационная технология и структурная модель информационно-справочного обеспечения, которые позволяют в отличие от существующих структурировать процесс принятия решений и определить последовательность решения локальных задач с единых системных и критериальных позиций. Это позволит повысить эффективность и оперативность принимаемых решений по управлению проектами ремонта АД города.

ЛИТЕРАТУРА

1. Управління проектами: Навчальний посібник // Нефьодов Л.І., Петренко Ю.А., Кривенко С.А., Богданов М.І., Демішкан В.Ф. – Харків: ХНАДУ, 2004. – 200 с.
2. Мазур И.И., Шапиро В.Д. Управление проектами: Справочное пособие. – М.: Высшая школа, 2001. – 875 с.
3. Шапиро В.Д. и др. Управление проектами: Учебник для вузов. – СПб.: ДваТри, 1996. – 208 с.
4. ДБН В.2.3-5 «Вулиці та дороги населених пунктів».
5. ДБН В.2.3-6 «Мосты и трубы. Обследование и испытание».
6. ВБН Г.1-218-050 / Укравтодор «Міжремонтні строки експлуатації дорожніх одягів та покриттів на автомобільних дорогах загального користування».

СТРАТЕГИЯ ПРИРОДООХРАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СУДОВ НА ВНУТРЕННИХ ВОДНЫХ ПУТЯХ И НА МОРЕ

Решняк В.И.

Санкт-Петербургский государственный университет водных коммуникаций (Россия),
Леонов В.Е.

Вуз «Херсонский государственный морской институт» (Украина)

Эксплуатация судов характеризуется загрязнением окружающей среды. Одними из основных факторов загрязнения окружающей среды при эксплуатации судов являются образование льяльной и сточной вод, а также твёрдых отходов.

Несмотря на определенные достижения специалистов в исследуемой области [1-5], проблема защиты водной среды при эксплуатации судов остается актуальной и в наше время.

В настоящее время уже сформирована определенная законодательная база, которая регулирует упомянутые виды загрязнения [6, 7]. Эта законодательная база включает в себя международные и национальные правовые акты. Международным нормам подчинены суда, которые могут работать на море – в зоне действия международного права, а национальным – суда внутреннего плавания. Причем при исследовании проблемы предотвращения загрязнения водной среды необходимо учесть требования не только тех норм, действие которых распространяется на суда, но и норм природоохранного права, которые регулируют загрязнение окружающей среды стационарными техногенными объектами. Это связано с тем, что в некоторых случаях предотвращение загрязнения водной среды нефтесодержащей подсланевой водой осуществляется с помощью стационарных объектов – как плавучих, так и береговых, которые попадают под действие указанных норм.

Кроме того, при организации природоохранной деятельности необходимо учитывать, что загрязнение окружающей среды при эксплуатации судов может проявляться по-разному – как эксплуатационное и аварийное.

Анализ причин образования льяльной, сточной воды и твёрдых отходов при эксплуатации судов показывает, что они имеют, так называемый, эксплуатационный характер, то есть являются в определенной степени неизбежными. Другими словами сказанное означает, что количество этих загрязнений на судах можно уменьшить.

В практике обращения с судовыми загрязнениями может также иметь место аварийное загрязнение природной среды, например, при разливе льяльной или сточной воды во время их передачи на внесудовые природоохранные технические средства.

Предотвращение эксплуатационного и аварийного загрязнения водоемов при эксплуатации судов требует создания и применения собственных комплексов мероприятий и средств.

При этом необходимо учитывать следующие особенности эксплуатационного и аварийного загрязнения. Эксплуатационное загрязнение образуется равномерно и источники его известны. Это позволяет такое загрязнение регулировать путем формирования законодательных требований и применения комплекса мероприятий и технических средств. Например, в настоящее время уже существуют требования, ограничивающие загрязнение сточной и подсланевой водой, а также существуют судовые установки, которые обеспечивают выполнение этих требований посредством очистки сточной и подсланевой воды.

Аварийное загрязнение характеризуется пространственной и временной неопределенностью возникновения такого загрязнения. Кроме того, заранее не известно, к какому ущербу может привести возникновение аварийного загрязнения. По этой причине аварийное загрязнение трудно, а часто и невозможно, регулировать. Поэтому в

существующем природоохранном законодательстве практически отсутствуют требования, регулирующие аварийное загрязнение окружающей среды при эксплуатации судов.

Существует два основных направления организации природоохранной деятельности по предотвращению загрязнения внутренних водных путей и моря при эксплуатации судов.

Эти направления предусматривают организацию очистки сточной и льяльной воды, а также переработку мусора судовыми и внесудовыми техническими средствами. Оба направления являются актуальными, так как для них существуют свои собственные «техногенные ниши», а также области, в которых могут быть использованы оба эти способа.

В некоторых случаях, в основном – на внутренних водных путях, наиболее целесообразной, а иногда и единственно возможной, является организация переработки судовых загрязнений с помощью внесудовых технических средств – плавучих очистных станций или береговых очистных сооружений. При этом необходимо учитывать следующее обстоятельство.

Требования к качеству очистки для береговых сооружений отличаются от требований к плавучим очистным станциям и судовым установкам для очистки воды и являются более жесткими. Указанные требования вытекают из ограничения на интенсивность сброса загрязняющих веществ с очищенной сточной или подсланевой водой. Более жесткие требования заставляют применять более сложные технологии очистки.

В целом организация внесудовой переработки судовых отходов обеспечивается с помощью комплекса внесудовых природоохранных технических средств (ВПТС), которые осуществляют прием, транспортировку, хранение и переработку отходов.

Комплекс ВПТС должен включать в себя целый набор различных технических средств, который позволил бы все операции от сбора до переработки судовых отходов осуществлять по различным технологическим схемам. В настоящее время применяется весьма ограниченный набор технических средств, который включает в себя суда-сборщики ОС и плавучие очистные станции. Эффективность применения средств ВПТС зависит также от их размещения на участке водных путей. Обоснование схем размещения осуществляется методами решения оптимизационных задач.

Разработка разных технологических схем сбора и переработки судовых загрязнений обеспечивает возможность выбора наиболее оптимальных из них для каждого конкретного участка водных путей, что позволит выполнять указанные операции с наименьшими затратами.

Существующий опыт использования ВПТС показывает, что такие средства обеспечивают степень очистки, которая установлена для плавучих очистных станций как объектов водного транспорта. Такая степень очистки является фиксированной, что облегчает разработку и применение стандартных технологий очистки. Например, указанные требования к степени очистки льяльной воды обеспечиваются такими способами, как седиментация в каскадных отстойниках и адсорбция на активированных углях.

Как было сказано выше, для береговых сооружений, а иногда и для плавучих очистных станций, требования к качеству очистки будут вытекать из предельной интенсивности сброса загрязняющих веществ и будут принимать индивидуальные значения для каждого рассматриваемого объекта. Это обстоятельство заставляет разрабатывать новые, как правило, более сложные технологии очистки сточных вод, которые могут отличаться друг от друга на разных объектах.

Опыт создания и эксплуатации судовых установок для очистки сточной и льяльной воды показал, что на практике встречаются установки, которые не всегда обеспечивают требуемую глубину очистки. Основной причиной тому является использование

технологий, которые не могут обеспечить требуемое качество очистки, а также неправильный выбор параметров конструкции очистных устройств.

В области исследования процессов очистки льяльной воды в работах [8-10] были развиты и дополнены теоретические основы выбора и обоснования технологии очистки загрязненных вод, разработанных школой Л.А. Кульского [11, 12].

Основными теоретическими положениями технологии очистки льяльной воды является следующее.

Предложено выделить две основные группы способов очистки льяльной воды от нефтепродуктов: способы, которые обеспечивают очистку от нефтепродуктов, находящихся в виде отдельного слоя, а также способы, которые обеспечивают очистку от эмульгированных нефтепродуктов. Кроме того, предложено понятие способов обработки воды как процессов, которые не обеспечивают удаление нефтепродуктов из объема очищаемой воды, но меняют некоторые ее свойства как сложной дисперсной системы так, что это приводит к повышению эффективности определенных способов очистки.

Реализация технологической схемы очистки возможна как в одном техническом сооружении, например, в судовой установке или на плавучей очистной станции, так и в разных. Примером второго является применение барж-накопителей льяльной воды на внутренних водных путях, в которых одновременно с накоплением происходит первичная очистка методом седиментации. Окончательная очистка льяльной воды осуществляется в адсорберах, которые установлены на передвижных очистных комплексах – специализированных маломерных судах.

Разработанные теоретические основы технологии очистки льяльной воды позволяют проектировать технологические схемы для разных очистных комплексов – судовых установок, плавучих или береговых очистных сооружений, которые надежно обеспечивали бы современные требования к качеству очистки нефтесодержащей льяльной воды.

Исследования процессов очистки сточной воды и опыт эксплуатации судовых установок для очистки сточной воды показали, что технология очистки, которая включает фильтрацию, напорную флотацию в присутствии коагулянтов и обеззараживание, обеспечивают современные требования, предъявляемые к судовым установкам. Применение биологической очистки не всегда дает положительный результат. Основной причиной тому является нерегулярность качества и количества судового стока и ее отрицательное влияние на жизнедеятельность микроорганизмов.

Опыт применения судовой установки для очистки сточной воды в береговом варианте также дал положительные результаты, что расширяет возможности по разработке и применению различных технологических схем сбора и очистки судовой сточной воды. Дополнительные возможности в этой области могут появиться при использовании разных схем образования стока – от общесплавного до раздельного, а также при использовании способов обработки судового стока, которые позволили бы дольше хранить такой сток на судне или на внесудовых очистных сооружениях.

Таким образом, показано, что предотвращение загрязнения внутренних водных путей и морской среды при эксплуатации судов является проблемой актуальной, которая может решаться комплексом мероприятий и технических средств.

Применение защитных мероприятий и технических средств должно быть направлено на предотвращение или снижение эксплуатационного и аварийного загрязнения. Кроме того, в комплексе мероприятий и средств для предотвращения эксплуатационного загрязнения гидросферы необходимо предусмотреть группу мероприятий и средств, обеспечивающих снижение образования в пределах объективно возможного объемов судовых загрязнений, а также группу мероприятий, обеспечивающих переработку этих загрязнений. А в комплексе мероприятий и средств для предотвращения аварийного загрязнения – предусмотреть мероприятия и средства, обеспечивающие

снижение вероятности возникновения аварийного загрязнения, а также уменьшение возможного ущерба окружающей природной среде.

Переработка судовых сточной и льяльной вод и твёрдых отходов для предотвращения эксплуатационного загрязнения возможна с помощью как судовых, так и внесудовых технических средств. Применение судовых средств необходимо для судов, попадающих под действие международного права. Применение внесудовых природоохранных технических средств более целесообразно для судов внутреннего плавания.

Особую опасность представляют балластные воды, поскольку перенос фито-биопланктона, содержащегося в балластных водах, приводит к распространению инфекционных заболеваний и нарушению морских экосистем. С другой стороны, с балластными водами в танках накапливается седимент, который приводит к неконтролируемому нарушению остойчивости судна.

В 2004 году Международной морской организацией была принята «Международная концепция по контролю и управлению судовым водяным балластом и осадками», согласно которой с 2014 года откачка балластных вод должна производиться на расстоянии не менее 200 миль от берега и на глубину не менее 200 м. Однако, это решение не позволяет защитить морские экосистемы и человека от вредного воздействия фито-биопланктона, болезнетворных микроорганизмов и патогенных грибов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зубрилов С.П., Ищук Ю.Г., Косовский В.И. Охрана окружающей среды при эксплуатации судов. – Л.: Судостроение, 1989. – 256 с.
 2. Нунупаров С.М. Предотвращение загрязнения моря судами. – М.: Транспорт, 1985. – 336 с.
 3. Юдицкий Ф.Л. Защита окружающей среды при эксплуатации судов. – Л.: Судостроение, 1978. – 180 с.
 4. Тув И.А. Судовые технические средства по предотвращению загрязнения водоемов нефтепродуктами. – М.: Транспорт, 1976. – 129 с.
 5. Брусельницкий Ю.М. Судовые устройства очистки трюмно-балластных вод от нефтепродуктов. – Л.: Судостроение, 1966. – 201 с.
 6. Международная конвенция по предотвращению загрязнения с судов 1973 года и Протокол 1978 года. – СПб.: Изд-во ЗАО «ЦНИИМФ», 2008. – 706 с.
 7. Наставление по предотвращению загрязнения внутренних водных путей при эксплуатации судов. – М., 2009. – 45 с.
 8. Решняк, В.И. Очистка и утилизация судовой нефтесодержащей воды: Дисс. на соиск. уч. ст. д. т. н. – СПб.: СПбГУВК, 1995. – 381 с.
 9. Леонов В.Е., Шерстюк В.Г., Бень А.П. Технологія очищення стічних вод з метою захисту гідросфери. – Херсон: ХДМІ МУБіП, 2008. – 157 с.
 10. Леонов В.Е., Ходаковский В.Ф., Куликова Л.Б., Основы экологии и охрана окружающей среды: Монография / Под редакцией д.т.н., профессора Леонова В.Е. – Херсон: Издательство Херсонского государственного морского института, 2010. – 352 с.
 11. Кульский Л.А. Теоретические основы и технология кондиционирования воды: процессы и аппараты. – К.: Наукова думка, 1980. – 563 с.
- Кульский Л.А. Основы химии и технологии воды. – К.: Наукова думка, 1991. – 192 с.

ВОДНЫЕ BIOTEХНИЧЕСКИЕ КОНТРОЛЬНО-ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ КАК МЕТОД ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПОДВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ: ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Роман Е.Г

Независимая научно-практическая группа «Планета»
(Херсон, Украина)

Морские биотехнические системы: история создания и применение. 20-й век стал временем бурного развития наук о море и накопления знаний о его обитателях. Настоящей сенсацией было опубликование результатов работ о дельфинах: человечество «вдруг» обнаружило, что в водной стихии обитают высокоразвитые и дружелюбные существа. К сожалению, реалии века войн были такими, что дельфинов стали использовать в военных целях. По-видимому, наиболее успешными были работы по созданию биотехнических противодиверсионных систем. Используя безусловные и выработанные условные рефлексy, от дельфинов добивались выполнения задач по обнаружению и уничтожению морских диверсантов.

Разумеется, точных данных о применении этих животных не было опубликовано, но кое-какие сведения все же имеются. Так, некоторые источники утверждают, что в период войны во Вьетнаме во время одной из операций по подрыву американских транспортных кораблей в бухте Камрань боевые дельфины ВМС США убили 2-х советских морских диверсантов. Впоследствии во время противостояния США и Никарагуа подводники из сил специального назначения ВМФ СССР уничтожили боевых дельфинов США вблизи никарагуанского побережья [1]. Подобные работы велись и в СССР: боевые биотехнические системы по охране стратегически важных объектов были созданы на Черноморском и Тихоокеанском флотах. Особую роль в создании этих систем сыграли работы, выполнявшиеся в Севастопольском океанариуме [2, 3].

Позже всех к этим работам приступили на Северном флоте: только в 1980-х гг. в Баренцевом море начались работы по обеспечению безопасности баз атомного подводного флота. Приостановленные в 1990-х гг., исследования были возобновлены в начале 2000-х гг. Вероятно, этому способствовали события предыдущих лет. Ведь если противостояние ядерных держав стало менее жестким, то все большую роль в мировой истории теперь играет иной грозный фактор – терроризм.

Своеобразным признаком времени стало то, что результаты работы были опубликованы (?!) – была выпущена книга «Опыт обучения и применения морских млекопитающих для защиты стратегически важных объектов от террористических действий» / Г.Г. Матишов, Н.Н. Кавцевич, А.Л. Михайлюк; ММБИ КНЦ РАН. – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2007. – 128 с., 300 экз. [4].

В настоящее время результаты работ, осуществляемых сотрудниками Мурманского морского биологического института (ММБИ), настолько интересны, что заслуживают специального рассмотрения; эти результаты могут быть использованы в различных регионах и в разных условиях.

Как сообщают авторы разных публикаций, условия бассейна Северного Ледовитого океана вынудили отказаться от использования дельфинов: в неволе даже аборигены Севера белухи *Delphinapterus leuce*, 1804 обнаруживают склонность к заболеваниям. Поэтому были использованы представители отряда ластоногих – серые *Halichoerus grypus* Fabricius, 1791 и гренландские *Phoca groenlandica* Erxleben, 1777 тюлени, морские зайцы *Erignathus barbatus* Erxleben, 1777 и некоторые другие виды. Оказалось, что эти животные вполне подходят для таких целей [2, 3].

Судя по этим сообщениям, наиболее перспективным, якобы, оказалось создание не сугубо боевых, а контрольно-информационных морских биотехнических систем. То есть,

лучше всего морские млекопитающие справляются с задачей не по уничтожению диверсантов, а по информированию – о наличии предметов, подводных пловцов и т.д. В настоящее время выполнение таких задач является вполне реальным: это обусловлено тем, что развитие электроники, в т.ч. привело к появлению малогабаритных и легких сенсорных систем и средств связи, действующих в водной среде [2, 3].

Водные биотехнические системы: иные возможности использования.

Анализируя опыт работы мурманских биологов и военных, можно увидеть, что полученные результаты применимы не только в военной области. В целом, обеспечение безопасности подводных объектов является задачей, актуальной для очень многих регионов планеты. При этом немалое значение имеет контроль не только морских, но и внутриконтинентальных сооружений: тех, которые находятся на реках и больших озерах.

При этом «гражданский» (не военный) аспект такого контроля из года в год становится все более значимым. Это объясняется довольно просто: гидротехнические, гидроэнергетические, портовые, коммуникационные и прочие сооружения, имеющие подводную составляющую часть, являются сооружениями многолетними, с течением времени они стареют и разрушаются. Специфической особенностью многих таких сооружений является то, что даже прекращение их эксплуатации не намного уменьшает степень их опасности и этим они коренным образом отличаются от большинства промышленных и энергетических объектов. Действительно, плотина ГЭС будет испытывать значительные статические и динамические нагрузки даже в том случае, если будут полностью остановлены все энергетические агрегаты. Значительным нагрузкам в течение всего срока эксплуатации подвергаются и сооружения портовых комплексов (молы, дамбы), подводные нефте- и газопроводы, кабели и т.д.

Поэтому опасность, исходящая от факторов, не связанных ни с военными конфликтами, ни с террористическими и иными преступными действиями, так же велика.

Вследствие этого эффективный контроль возможных неисправностей и разрушений становится все более актуальным и одним из методов такого контроля может быть использование биотехнических систем. Но, вероятно, закономерен вопрос о том, оправданными ли будут затраты интеллектуальных и финансовых ресурсов на создание подобных систем. Для ответа на этот вопрос необходимо сравнить возможности водных биотехнических контрольно-информационных систем с теми, которые уже созданы и используются для контроля состояния крупных гидротехнических объектов. Такими системами являются сочетания использования технических устройств (датчиков) с работой специально обученных водолазов.

Как и любые другие методы, возможности использования приборов и водолазов имеют ограничения. Эти ограничения связаны со статичностью приборных систем (датчики, в основном, закреплены в определенных местах, перемещение немалого времени) и высокой зависимостью работы водолазов от погодных и гидрологических условий и освещенности.

В то же время водные биотехнические контрольно-информационные системы обладают рядом преимуществ.

К таковым относится, во-первых, высокая мобильность и вариабельность: водные животные, снабженные техническими сенсорными системами способны получать и доставлять информацию с тех участков акваторий и объектов, которые не отслеживаются постоянно. Во-вторых, возможность использования в сложных условиях – при достаточно высокой скорости течения, низкой прозрачности, малой освещенности. Для рассматриваемых систем такие особенности вполне объяснимы: поскольку водные млекопитающие находятся в среде обитания, к которой они адаптированы в процессе длительной эволюции и результатом которой является наличие у них соответствующих анатомо-морфологических особенностей. Таковыми, в т.ч., являются обтекаемая форма тела, теплоизоляция с помощью шерстного покрова или подкожного жира, высокоэффективные движители (хвост и конечности), способность к задержке дыхания,

невосприимчивость к декомпрессионной (кессонной) болезни и баротравме, адаптированные к водной среде анализаторы.

Поэтому создание водных контрольно-информационных систем является одним из реальных эффективных путей повышения безопасности подводных объектов.

Водная контрольно-информационная биотехническая система (краткое описание). Компоненты: 1) обученное (дрессированное) животное; 2) сенсоры (датчики, аудио- и видеоаппаратура) и средства связи, прикрепленные к этому животному; 3) оператор.

Типовые схемы работы:

1. Дрессированное животное ищет потенциально опасный предмет или подводного пловца. В случае обнаружения местоположение предмета обозначается бумом либо иным маркером или же специальным сигналом, поданным в воде либо над водой – над местом обнаружения предмета. Непосредственно (при визуальном контакте) либо с помощью средств связи этот сигнал передается оператору.

2. Аналогично, при обнаружении признаков разрушения контролируемого объекта (обломка конструкции, отверстия, аномального течения и пр.) обученное животное сигнализирует о наличии такого признака и обозначает его местоположение.

3. Снабженное прикрепленными датчиками, акустической и видеоаппаратурой и передающими устройствами животное обходит контролируемые участки, во время передвижения происходит восприятие информации: регистрируются механические (в т.ч. звуковые) колебания и электромагнитные поля, производится видеосъемка. Эта информация регистрируется (записывается) и (или) немедленно передается оператору. С использованием таких средств могут быть получены данные о наличии «лишних» течений и полей, о резком превышении скоростей имеющихся («нормальных») токов воды и т.д. – все то, что может свидетельствовать о разрушении объекта.

Схема №1 имеет, в целом, достаточно выраженный «военизированный» характер и наиболее применима для обнаружения диверсионных сил и средств; схемы №№ 2 и 3 – для предупреждения разрушений, вызванных природными факторами либо непреднамеренными антропогенно-техногенными воздействиями.

Включенная в общую схему охраны и контроля объекта, данная система будет взаимодействовать с другими системами (рис. 1).

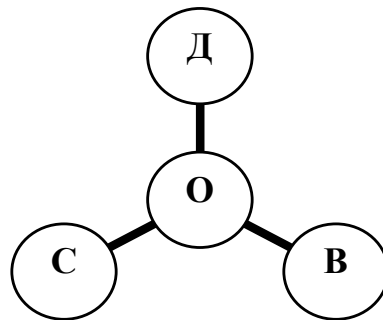


Рисунок 1 – Схема контроля потенциально опасных водных (подводных) объектов: условные обозначения: С – водная биотехническая система, Д – стационарные датчики, В – водолазы, О – оператор.

Выбор вида млекопитающего. Это, вероятно, один из самых ответственных этапов разработки подобных систем – если вообще не самый важный. И в том случае, если эти системы будут разрабатываться для обслуживания и охраны объектов Украины (или же континентальных и прибрежных объектов, находящихся в сходных условиях – России, Белоруссии, Центральной и Западной Европы) возможности такого выбора резко ограничиваются несколькими факторами.

К таковым, во-первых, относятся: невозможность использовать большинство морских обитателей (дельфинов и тюленей) в пресноводных внутренних водоемах – поскольку даже при малых сроках пребывания в пресной воде у этих животных развиваются нарушения здоровья. И здесь вновь необходимо напомнить о том, что особую важность имеет контроль состояния **невоенных объектов на реках**: разрушение этих объектов влечет особо тяжелые экономические потери и многочисленные жертвы. Поэтому в настоящее время водные биотехнические системы должны создаваться таким образом, чтобы быть пригодными и к использованию в пресноводных акваториях.

Во-вторых, ситуация с большинством тех видов, которые встречаются в морских водоемах Европы, или катастрофическая, или угрожаемая, или, по меньшей мере, нестабильная. К первым принадлежит практически исчезнувший средиземноморский тюлень-монах *Monachus monachus* Hermann, 1799, ко вторым и третьим – значительная часть видов ластоногих и мелких китообразных (дельфинов) данного региона [5, 6, 7].

При этом необходимо отметить то обстоятельство, что эффективность работы обученных животных высока в том случае, если они работают в тех условиях, к которым они приспособлены: в том регионе, где они обитают.

Если говорить об условиях умеренной зоны Европы, то в какой-то мере этим требованиям (общая адаптация, способность работать в пресной воде, многочисленность) отвечает каспийская нерпа *Phoca caspica* Gmelin, 1788 (табл. 1). Но, например, для Украины создание водных биотехнических систем на основе данного вида будет сопряжено с немалыми трудностями – как организационными, так и финансовыми.

Тем не менее, как это представляется автору, в фауне Европы есть вид, заслуживающий пристального внимания в качестве основного (биологического) компонента таких систем. Этим видом является представитель иного отряда (хищных) – выдра *Lutra lutra* Linnaeus 1758. Несмотря на кажущуюся парадоксальность, такой выбор вполне обоснован: выдра относится к тем видам млекопитающих, которые великолепно приспособлены к водной среде, с совершенной нервной системой и сложным поведением (табл. 1).

Таблица 1 – Биологические особенности некоторых видов водных млекопитающих¹

Биологические особенности	Вид		
	Выдра	Серый тюлень	Каспийская нерпа
Размеры	66-115 см	170-250 см	130-160 см
Масса	5,7-10 кг	130-320 кг	50-85 кг
Среда обитания	В основном, пресные водоемы, появляется в морских акваториях	Моря; в устьях рек появляется редко	Внутриконтинентальное соленое озеро. Нередко появляется в устьях рек
Скорость плавания	?	до 30-40 км/ч	?
Маневренность	Высокая. По-видимому, выше, чем у многих ластоногих.	Достаточно высокая	††
Глубина погружения	Точные данные отсутствуют. У канадской выдры <i>Lutra canadensis</i> – до 18 м.	Не менее 145 м	?
Нервно-психические особенности	Достаточно сложное поведение	††	††

Продовження таблиці 1

Социальность	Семейные группы - образуются в период воспитания молодняка.	Образует скопления (стада) в разные периоды жизни.	Образует скопления в основном на лежбищах.
Способность к обучению	Отмечено использование в качестве цирковых животных, были сняты игровые фильмы с участием выдр	Высокая. Активно используется для обеспечения безопасности стратегических объектов	Предполагается использование в качестве компонентов биотехнических систем
Численность	В Украине до 10000 особей	В начале 1990-х гг. – 3,5 – 4 тыс.	В 1970-х гг. – 450 тыс. по всей акватории Каспия
Состояние популяций	Стабильное на территории Украины, в Зап. Европе	Уязвимое. Внесен в Красную книгу России	Обычный вид. Объект зверобойного промысла.
Корма и их потребление (за 1 сутки).	Рыба, ракообразные. Около 1 кг (рыбы).	Морская рыба: пинагор, треска. Около 7 кг.	Бычки, килька, ракообразные. До 4,5 кг (рыбы).

¹Данные приведены из следующих источников: по выдре – [7-13], по серому тюленю – [5, 6, 14], по каспийской нерпе – [14, 15].

Анализируя эти сведения, можно прийти к следующим выводам:

1. Выдра является высокоспециализированным амфибионтным (полуводным) хищником, хорошо приспособленным к водной среде. Адаптирована к добыванию подвижных гидробионтов (рыб), высока скорость плавания и маневренность. Эти особенности позволят использовать обученных особей для работы на акваториях с достаточно высокими скоростями течений. Глубина ныряния, по-видимому, достаточна для обслуживания большинства т.н. «гражданских» (невоенных) объектов.

2. Высокий уровень нервной деятельности; имеется опыт дрессировки выдр. Все это позволяет надеяться на успешное обучение (подготовку) этих млекопитающих.

3. Ресурс популяций велик, что позволяет изъять (отловить) некоторую часть без какого-либо ощутимого ущерба для вида.

4. Важнейшей и уникальной для Европы особенностью выдры является способность к поиску и передвижению как в пресной, так и в морской воде разной солености – вплоть до океанской [10, 13].

5. Содержание выдр является более простым и менее затратным, чем содержание ластоногих и, тем более, китообразных (дельфинов).

Вероятно, наилучшим решением для Украины будет создание 2-х систем: пресноводно-морской относительно мелководной и морской потенциально глубоководной: с участием выдры и каспийской нерпы в качестве биологических компонентов, соответственно. В ближайшее время необходимо начать разработку систем первого типа, изыскивая возможности для приобретения ластоногих Каспия.

Возможность коммерческого использования и иного сотрудничества, значение для страны. В случае успешной разработки системы первого типа не исключена возможность предоставления информации в другие страны: за плату или на основе обмена данными. Такая система является инновационной, не применявшейся и не предлагавшейся ранее, ее успешное создание будет однозначно способствовать увеличению научного и технического потенциала Украины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Миллер Д. Коммандос: формирование, подготовка, выдающиеся операции спецподразделений. – Минск: «Харвест», 1998. – 512 с.
2. Мясников В. Боевые тюлени выходят на дежурство. Мурманские ученые и без гособоронзаказа продолжают подготовку морских животных в военных целях // flot.com/science/scientists/seal.htm
3. Васильев С. Ластоногий спецназ Заполярья. // «Братишка» – 2007 – № 6. // www.atrinaflot.narod.ru/81_publications/animals.htm
4. Один из самых северных в мире. Мурманский морской биологический институт. Публикации. // mmbi.itdesign.ru/publikatsii/n4/
5. Красная книга СССР. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных и растений. Т. 1. Главн. ред. коллегия: А.М. Бородин, А.Г. Банников, В.Е. Соколов и др. – М.: Лесн. пром.-сть, 1984. – 392 с.
6. Красная книга России. – М.: Изд. «Астрель», Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н.Северцова РАН, 2000.
7. Червона книга України. Тваринний світ. – К.: Глобалконсалтинг, 2009. – 624 с.
8. Гептнер В.Г., Наумов, Н.П., Юргенсон П.Б, Слудский А.А., Чиркова А.Ф., Банников А.Г. Млекопитающие Советского Союза. Т. 2, ч. 1. Морские коровы и хищные. – М.: Высшая школа, 1967. – 1004 с.
9. Вид: *Lutra canadensis* = Канадская [североамериканская] выдра // Мир животных. // zooclub.ru/wild/hish/286.shtm
10. Kruuk H., Hewson R. Spacing and foraging of otters (*Lutra lutra*) in a marine habitat // *J. Zool.* – London, 1978. – P. 205-212.
11. Роман Е.Г. Млекопитающие семейства куньих Азово-Черноморского региона Украины: территориально-биотопическое распределение и состояние популяций. // Вестник зоологии. Зоологические исследования в Украине, ч. 2. Отд. вып., № 14. – 2000. – С. 129-135.
12. Роман Е.Г. Маркауцан О.Е. Новые данные о питании выдры на юге Украины. // Современные проблемы гидробиологии. Перспективы, пути и методы исследований. Материалы международной научной конференции 24-27 июля 2006 г. – Херсон, 2006. – С. 166-168.
13. Роман Е.Г. Млекопитающие семейства куньих (Mustelidae) околотовных биотопов Нижнего Приднепровья: изменения видового состава в 1980-х – 2000-х гг. Фальцфейнівські читання 2007. – Херсон, 2007. – С. 267-270.
14. Гептнер В.Г., Чапский К.К., Арсеньев В.А., Соколов В.Е. Млекопитающие Советского Союза. Т. 2, ч. 3. Ластоногие и зубатые киты. – М.: Высшая школа, 1976. – 718 с.
15. *Phoca caspica* Gmelin, 1788 – Нерпа каспийская // Позвоночные животные России. <http://www.sevin.ru/vertebrates/index.html?Mammals/244>.

МОРСКИЕ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОПЫТНО-КОНСТРУКТОРСКИЕ РАБОТЫ НА ЮГЕ УКРАИНЫ: НЕОБХОДИМОСТЬ КОМПЛЕКСНОГО ПОДХОДА

Роман Е.Г.

Независимая научно-практическая группа «Планета» (Херсон, Украина),
Настасенко В.А.

Вуз «Херсонский государственный морской институт» (Украина)

Море как транспортная магистраль и фактор развития человечества: процесс длительностью в десятки тысяч лет. На протяжении длительного периода морские водоемы играют особую роль в возникновении и развитии цивилизации. Будучи изначально источниками продуктов питания, уже 40-55 тысяч лет назад акватории Мирового Океана стали путями расселения человечества. Эти данные не являются ориентировочными: именно в этот период первые группы людей – австралоидов (темнокожей расы, обитающей на крайнем востоке тропической зоны – не путать с австралопитеками!) появились в Австралии [1]. Вероятно, большую часть востока Индо-Малайского и севера Австралийского регионов (Малайзии, Индонезии, Папуа Новой Гвинеи и Австралии) протоаборигены могли пересечь по суше. Это объясняется тем, что ледники плейстоцена (и, особенно, колоссальные ледниковые щиты Северной Америки) аккумулировали огромные запасы воды: более 30 млн. км³ [2]. Поэтому уровень океана был ниже современного не менее чем на 50 м.

Но несколько проливов пояса Малых Зондских островов и море Серам, особенно водоемы, разделяющие Большие Зондские острова – Макаassarский пролив и Молуккское море, достаточно глубоководны и широки. Эти акватории явно не являются затопленными участками суши плейстоцена и существовали десятки тысяч лет назад. Все эти водоемы или часть их (т.к. имели место 2 вероятных пути заселения) могли быть преодолены только с помощью специально изготовленных плавсредств. На плотках и лодках люди той эпохи пересекли неведомое и пугающее море, проникли на пятый континент – и заселили его. Именно они, древние темнокожие первопроходцы Индо-Малайзии и Австралии были первыми мореплавателями.

Таким образом, уже более 50 тысяч лет назад человек освоил море, как транспортную магистраль.

Впоследствии коммуникационное сообщение океанов и морей непрерывно возрастало. В целом, морские водоемы оказали огромное влияние на развитие человечества.

Масштабы и многогранность такого влияния впечатляют и для полного его описания (или, даже перечисления различных видов) данной работы явно недостаточно. Отметим лишь, что наличие и использование биологических и коммуникационно-транспортных ресурсов морских водоемов было важнейшим фактором антропогенеза и этногенезов, научного и технического прогресса, развития и формирования диалектов и языков, литературы и искусства, возникновения этнопсихологических и социальных явлений и особенностей.

Морские ресурсы: период истощения и пути решения проблем. В то же время использование этих ресурсов связано с возникновением серьезных проблем. Эти проблемы возникли не сегодня и не вчера, им также немало лет – скорее всего, уже несколько тысяч. В настоящее время эти проблемы крайне обострены, их разрешение является одной из насущных задач человечества. Несмотря на их многообразие, все они сводимы к 2-м задачам:

1. Эффективное использование ресурсов морских водоемов в интересах человечества.

2. Охрана и возобновление этих ресурсов.

Имеющиеся противоречия в выполнении этих задач становятся все более очевидными. При этом не следует полагать, что под словами «Охрана и возобновление ресурсов» подразумеваются лишь охрана и возобновление ресурсов биологических, ведь становится все более ясно, что не только биологические, но и минеральные и даже транспортно-коммуникационные ресурсы океанов и морей уязвимы и конечны. В самом деле, пропускная способность морских коммуникаций не беспредельна: в этой связи достаточно лишь вспомнить проблемы Босфора и Дарданелл. А эрозия морских берегов привела к обмелению и резкому ухудшению транспортных свойств морских акваторий многих регионов мира.

Таким образом, названные выше проблемы имеют комплексный характер – и, очевидно, их решение требует комплексного подхода. Подобная закономерность обозначилась уже к середине прошлого столетия. И не случайно уже в то время начал свою деятельность один из выпускников Морской школы, о котором теперь знает весь мир. Им был талантливый инженер и изобретатель, участник Сопротивления, страстный защитник океана, национальная гордость Франции, один из самых известных людей 20 века – Жак Ив Кусто.

Вероятно, закономерным явлением было то, что человек, так много сделавший для охраны океана, не принадлежал к узким специалистам. И Кусто, и его соратники, и соавторы понимали, что одними лишь призывами и запретами проблем океана не решить. Отсюда вытекают три составляющих деятельности «команды Кусто» и их союзников: 1) просвещение, 2) пропаганда охраны морей и океанов, 3) поиск эффективных путей их использования и освоения, который включал разработку технических средств.

Региональный аспект. Обозначенные выше проблемы и задачи не являются чем-то далеким, они актуальны и для Украины, в том числе – и для центральной части Причерноморского региона – Херсонской и Николаевской областей. Следует признать, что в этом регионе проблем класса «человек-море», столь много, что перечислять их – нет возможности в данной работе, да и отсутствует такая необходимость, поскольку она посвящена решению 4-х конкретных проблем.

На наш взгляд, имеет смысл рассмотреть именно те проблемы, пути решения которых имеют явно «биотехнологическую» направленность и которые могут быть решены уже в ближайшие несколько лет.

1. Борьба с биологическим загрязнением водоемов. Во время обсуждения этой проблемы речь идет, в основном, о заносе чужеродных организмов с балластными водами. Действительно, этот вид биологического загрязнения обеспечивает занос подавляющего количества морских вселенцев. Тем не менее, имеет место, по-видимому, и занос видов-обрастателей, а также организмов, каким-либо образом связанных с обрастателями, как механически, так и экологически.

2. Борьба с приловами морских млекопитающих. Проблема приловов становится все более актуальной и особо остро стоит вопрос прекращения приловов морских млекопитающих, поскольку среди многих видов, истребляемых в результате приловов (ракообразных, рыб, морских пресмыкающихся, птиц и млекопитающих) дельфины и ластоногие являются самыми малочисленными и уязвимыми видами.

3. Создание водных биотехнических систем «млекопитающее – датчик – связь – оператор». Такие системы позволяют эффективно, быстро и относительно недорого вести контроль состояния технических объектов, погруженных в водную среду.

4. Проектно-расчетное и инженерно-техническое обеспечение марекультуры (морской аквакультуры). В настоящее время выращивание морских организмов является одним из основных источников дохода населения во многих регионах мира. Наиболее простым является выращивание мидий: даже в условиях явно обедненных биоценозов, в морской воде прибрежных акваторий, особенно мелководий, имеет место достаточное количество велигер (личинок) этого вида. Они оседают на т.н. гидробиотехнических

сооружениях – коллекторах. На этих подводно-надводных устройствах (на их подводной части) происходит метаморфоз личинок, а в дальнейшем – рост и развитие моллюсков.

Необходимо отметить, что по большей части описанных направлений в Херсонской области уже ведется работа и получены определенные результаты, далее приведено краткое описание этих результатов.

1. В результате теоретических и изыскательских разработок предложены новые подходы к оценке риска завоза организмов-вселенцев с балластными водами: разработана формула оценки риска отдельного рейса. Предложено создание глобальной спутниковой системы контроля балластных вод (рис. 1) [3, 4].

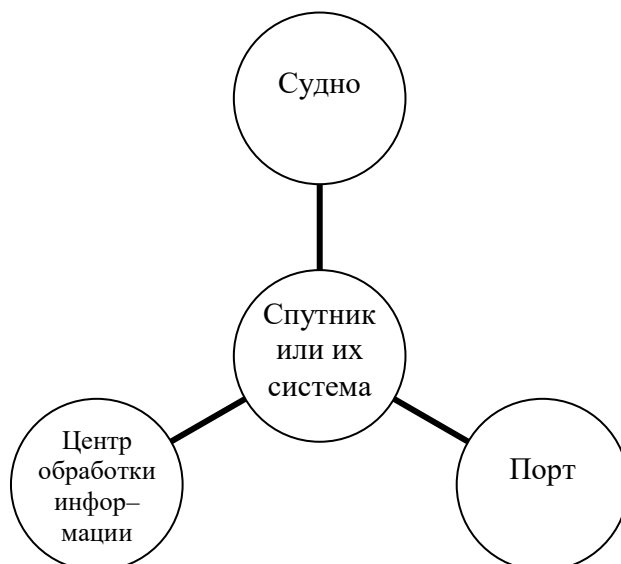


Рисунок 1 – Принципиальная схема глобальной спутниковой системы контроля управления водяным балластом

Предполагается, что в основу разработки и создания такой системы будут положены системы GPS, т.к. услуги этих систем относительно дешевы, а сами они развиты, как в пространственно-количественном (число спутников обеспечивает охват этой системой всего земного шара), так и в качественно-техническом (надежность связи и возможность передачи различных данных) отношениях [4].

2. Предложен принципиально новый комбинированный акустический репеллент морских млекопитающих, который состоит из акустических излучателей 3-х типов: активно-независимого, пассивного и активно-зависимого. В качестве источника энергии предложен гидроволновой электрогенератор маятникового типа [5], использованы также инновационные принципы: интерференционное взаимодействие звуковых потоков и радиоуправляемое автоматическое включение модуля 3-х активно-зависимых излучателей [6].

В основу действия данной системы положено сочетание следующих принципов: 1) управление поведением (отпугивание) дельфинов и тюленей с помощью имитации сигналов косаток; 2) «маркировка» сетей при помощи пассивных излучателей; 3) управление поведением при помощи сгенерированных ультразвуковых потоков, имитирующих отраженные эхолокационные сигналы данных видов. Общая схема и этот принцип являются новыми; авторами они были предложены впервые [6].

3. Разработан новый тип контрольно-информационных биотехнических систем «млекопитающее – датчик – связь – оператор». В отличие от использующихся много лет дельфинов и ластоногих, предполагается применить дрессированных амфибионтных пресноводных хищников – выдр; эти системы могут быть использованы как для охраны

военных объектов, так и для контроля состояния невоенных (т.н. «гражданских») гидротехнических, гидроэнергетических и транспортных (портовых) объектов [7].

Жизненно важным для приморских регионов Украины является рациональное использование ресурсов моря. Одним из путей такого использования является марекультура, и одним из наиболее распространенных видов марекультуры является выращивание мидий. Как известно, во времена СССР в нескольких акваториях Черного моря были созданы мидийные и мидийно-устричные хозяйства. В 70-80-е годы прошлого столетия они продемонстрировали свою высокую эффективность, но последующие социально-экономические потрясения Украины привели к почти полному сворачиванию этой деятельности. По-иному и быть не могло, будучи отраслью планового хозяйства, экспериментальные мидийные хозяйства были изначально убыточными, из-за крайне низких закупочных цен на продукцию.

В то же время, опыт стран разных регионов мира свидетельствует: при поддержке государства, выращивание мидий становится одним из основных занятий населения и важной отраслью экономики приморских регионов.

Помимо трудностей финансового и организационного характера, существует и следующая проблема: необходимость качественного гидрологического обследования акватории и профессиональных инженерных расчетов при сооружении мидийных ферм, поскольку коллекторы, в силу своей специфики, изначально испытывают значительные динамические нагрузки, как результат воздействия на них волн. Поэтому, еще во время «советского» периода выполнения этих разработок были сконструированы несколько типов коллекторов [7].

В то же время, уже тогда явно обозначилась проблема верного выбора: какой тип коллекторов устанавливать в той или иной акватории. Такой выбор определялся условиями данной местности: силой, направлением и продолжительностью ветров, глубинами, характером береговой линии и, как результат этих факторов – параметрами волнового воздействия. Поэтому развитие данной отрасли невозможно без научного и инженерно-технического обеспечения, поскольку каждая создаваемая ферма нуждается, прежде всего, в гидролого-инженерном анализе и обеспечении желаемого результата.

Создание межотраслевой лаборатории моря в Херсонской области – требование времени. В рамках изложенного, становится ясно, что имеется настоятельная необходимость создания в южных регионах Украины 1-2-х лабораторий, основным назначением которых было бы выполнение прикладных исследований в сфере технических аспектов охраны и эффективного использования ресурсов моря. Особенно актуальным является создание такой лаборатории в Херсонской области. Прискорбным фактом является то, что область, имеющая вторую по протяженности, среди приморских регионов Украины, береговую линию, омываемая 2 морями, имеющая 2 действующих и 2 законсервированных морских порта, до сих пор не имеет научного учреждения или лаборатории, которая бы системно и целенаправленно занималась проблемами моря.

Деятельность такой лаборатории способствовала бы решению не только научных и технических, но и иных задач. В том числе – пропаганде охраны морских экосистем и распространению информации о современных методах такой охраны.

Относительно финансирования необходимо отметить то обстоятельство, что разносторонность задач такой лаборатории изначально предопределяет, в том числе, различные источники финансирования: от бюджетного, до грантовой поддержки, далее ими должны стать заказчики-фермеры. Поэтому, уже в первые 2-3 года существования, возможно добиться самоокупаемости в ее «классическом» понимании, когда лаборатория будет содержать сама себя.

В то же время, при условии участия лаборатории в решении таких важных в экономическом и общественно-социальном отношении задач, как инженерное обеспечение марекультуры и предотвращение вселения чужеродных видов, однозначно даст весомый вклад в экономику области уже на первых этапах своего существования. Поэтому ее

создание действительно является потребностью времени, учитывая, что в Херсоне находится один из крупных морских портов, а Херсонская область – один из важнейших приморских регионов Украины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Puchkov P.V. Uncompensated worm extinctions. 6 Final communications: the crisis outside the Old World. // Вестник зоологии. – 1994. – №3. – С. 65-73.
2. Марков К.К., Величко А.А., Лазуков Г.И., Николаев В.А. Плейстоцен. – М.: Высшая школа, 1968. Цит. по: Горбунов С.В. Великие катастрофы плейстоцена, вымирание мамонтов и человек. // Отдел культуры администрации Тымовского района Сахалинской области. Тымовский краеведческий музей. Лаборатория палеоэкологии. Общество изучения Сахалина и Курильских островов. Краеведческий клуб «Абориген». Южно-Сахалинск, 1997. – 24 с.
3. Роман Е.Г., Роман И.Е. Занос чужеродных организмов с балластными водами: региональные и глобальные аспекты. // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2010): Матеріали другої Міжнародної науково-практичної конференції. Т. 2. Херсон, 2010. – С. 323-327.
4. Роман Е.Г. Балластные воды: проблемы контроля и повышения эффективности управления. // Наукові читання, присвячені Дню науки. Вип. 3. – Херсон, 2010. – С. 74-80.
5. Патент Российской Федерации на изобретение № 2396673 МПК H02K 19/00 Генератор электрического тока, его варианты и способы их установки. Заявка № 2009100832/09 от 12.01.09. Авт. изобр. Настасенко В.А. // БИ № 22 от 10.08.2010.
6. Роман Е.Г., Настасенко В.А. Комбинированный акустический репеллент морских млекопитающих. // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2010): Матеріали другої Міжнародної науково-практичної конференції. Т. 2. – Херсон, 2010. – С. 318-322.
7. Роман Е.Г. Водные биотехнические контрольно-информационные системы как метод обеспечения безопасности подводных объектов, перспективы развития и использования. // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2011): Матеріали другої Міжнародної науково-практичної конференції. Т. 2. – Херсон, 2011.
8. Крючков В.Г., Золотницкий А.П. Техничко-економическое обоснование (ТЭО) на организацию участка по выращиванию и переработке мидий в ОАО «Очаковский рыбоконсервный комбинат». – Керчь, 2005. – 31 с.

ОЦІНКА РІВНІВ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ НА ТЕРИТОРІЯХ, ПРИЛЕГЛИХ ДО АВТОМАГІСТРАЛЕЙ

Павличенко А.В., Таран І.О.
Державний ВНЗ «Національний гірничий університет»
(Дніпропетровськ, Україна)

Автомобільний транспорт є однією з обов'язкових складових у функціонуванні сучасного міста. Надійність, комфортність, мобільність, швидкість доставки – основні переваги автотранспорту, який виконує до 75% загального об'єму перевезення вантажів та до 90% загального обсягу перевезення пасажирів. На 1000 чоловік населення кількість автомобілів в Україні становить 150 одиниць. При цьому загальновідомо, що автомобілі є основним пересувним джерелом викидів забруднювачів. До складу відпрацьованих газів входить більше 200 шкідливих речовин, які, концентруючись у приземному шарі повітря – тобто в зоні дихання людини, призводять до виникнення респіраторних захворювань, враження нервової системи, спричиняють втрату свідомості та ін.

Автотранспорт привносить в атмосферу CO_2 , NO_x , SO_x , CO , C_xH_y , аерозолі, важкі метали – такі ж сполуки, які викидають підприємства важкої промисловості, проте, на відміну від автомобілів, ці підприємства мають санітарно-захисну зону та багатоступеневу систему очищення викидів. Окрім того, автомобіль – найактивніший споживач кисню повітря – сучасний автомобіль для спалювання 1 кг бензину витрачає близько 12 м³ повітря чи в кисневому еквіваленті близько 250 л кисню.

Тому метою роботи є оцінка впливу інтенсивності руху автомобільного транспорту м. Дніпропетровськ на екологічний стан атмосферного повітря, задля розробки природоохоронних заходів.

Дослідження проводилися у 2010 р. на території м. Дніпропетровськ, де були обрані 20 моніторингових точок, розташованих поблизу перехресть автомагістралей. На кожному перехресті визначали інтенсивність руху автомобільного транспорту в час пік, вид та кількість легкових і вантажних машин, а також автобусів та ін.

Ступінь забруднення повітря автотранспортом залежить від інтенсивності руху, вантажопідйомності машин, кількості і характеру викидів, а також від типу забудови, рельєфу місцевості, напрямку вітру, вологості і температури повітря. З урахуванням усіх цих факторів концентрацію оксиду вуглецю на ділянці магістральної вулиці визначали за формулою [1]:

$$C_{co} = (A + 0,01 \cdot N \cdot K_T) \cdot K_A \cdot K_V \cdot K_{III} \cdot K_B \cdot K_{II}, \text{ мг/м}^3 \quad (1)$$

де A – фонове забруднення атмосферного повітря оксидом вуглецю нетранспортного походження; N – сумарна інтенсивність руху автомобілів на ділянці вулиці (авт./год); K_T – коефіцієнт токсичності автомобілів за викидами у повітря оксиду вуглецю; K_A – коефіцієнт, що враховує аерацію місцевості; K_V – коефіцієнт, що враховує зміну забруднення в залежності від величини подовжнього ухилу; K_{III} – коефіцієнт, що враховує зміну забруднення в залежності від швидкості вітру; K_B – коефіцієнт, що враховує зміну забруднення в залежності від вологості повітря; K_{II} – коефіцієнт збільшення забруднення атмосферного повітря оксидом вуглецю біля перехресть.

Результати розрахунків рівнів забруднення атмосферного повітря оксидом вуглецю приведено в табл. 1.

За результатами підрахунку (табл. 1) на досліджених ділянках у години «пік» спостерігається перевищення ГДК_{мр} CO у 6-30 разів. Відповідно можна зробити висновок, що концентрації інших забруднювачів від автомобілів (NO_2 , C_xH_y , НСНО) також можуть перевищувати допустимі норми. Слід відмітити, що в усіх досліджених точках м. Дніпропетровська спостерігається висока інтенсивність руху транспорту і досягає 3074 авто/год., що, в свою чергу, вказує на негативний вплив транспортного потоку на

довкілля. Завантаження вулиці модельних ділянок м. Дніпропетровськ автотранспортом є дуже високим і перевищує показники ГОСТ – 17.2.2 0.3-77.

Таблиця 1 – Рівень забруднення атмосферного повітря оксидом вуглецю CO у години «пік» на автошляхах м. Дніпропетровська, 2010 р.

Перехрестя	Кількість автомобілів на годину «пік»/за добу	C_{CO} , мг/м ³	Кратність перевищення ГДК, разів	Висота зони забруднення, м
Донецьке шосе – вул. Березинська	3074/73776	155,4	31,09	11,72
вул. Бердянська – вул. Артільна	933/22392	51,96	10,39	9,68
вул. Гагаріна – вул. Абхазька	1997/47928	98,69	19,74	10,92
Героїв Сталінграду – вул. Б. Кротова	2994/71856	152,9	30,59	11,7
пр. Героїв – наб. Перемоги	2134/51216	115,2	23,05	11,2
пр. Героїв – бул. Слави	1998/47952	100,9	20,19	10,96
пр. К. Маркса – вул. Гончара	2382/57168	122,6	24,5	11,3
вул. Гагаріна – вул. Чернишевського	1989/47736	102,0	20,40	10,98
вул. Тітова – Героїв Сталінграду	2478/59472	59,52	11,90	9,95
Пр. К. Маркса – вул. Горького	1472/35328	64,17	12,83	10,10
вул. Будьонного – вул. Фосфорна	2131/51144	105,8	21,17	11,05
вул. Комунарівська – вул. Братів Трофімових	1278/30672	36,59	7,32	8,92
вул. 20 років Перемоги – вул. Роторна	1393/33432	57,27	11,45	9,88
вул. Електрична – вул. Таманська	1317/31608	32,68	6,54	8,67
Запорізьке шосе – вул. Космічна	3074/73776	112,80	22,56	11,16
пр. Героїв Сталінграду – пр. Ілліча	2250/54000	99,82	19,96	10,94
пр. Кірова – вул. Свердлова	2067/49608	95,28	19,6	10,86
пр. Карла Маркса – вул. Артема	2211/53064	98,78	19,76	10,92
вул. Пушкіна – вул. Робоча	2089/50136	96,45	19,29	10,88

Враховуючи високі темпи збільшення автомобільного парку міста, необхідно підсилити контроль за концентраціями забруднювачів у вихлопних газах автомобілів. Пріоритетними напрямками зниження забруднення навколишнього середовища автомобільним транспортом є наступні заходи [2]:

- Технологічні:
- застосування нових видів автотранспорту, мінімально забруднюючих навколишнє середовище (електромобілі);
 - використання якісних та екологічно чистих видів палива (газ, біодизель);
 - своєчасне технічне обслуговування автомобілів;
- Санітарно-технічні:
- рециркуляція та нейтралізація вихлопних газів (використання каталізаторів, нейтралізаторів та ін.);
- Планувальні:
- організація перетинання вулиць на різних рівнях тощо;
- Адміністративні:
- встановлення нормативів якості палива;
 - виведення з міста транзитного транспорту, складських баз та терміналів;
 - виділення смуг руху громадського транспорту та швидкісних доріг безупинного руху та ін.

ЛІТЕРАТУРА

1. Посібник для розроблення матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (до ДБН А.2.2-1-2002). – Х., 2002. – 220 с.
2. Трофімов Ю.В. Экология: Транспортное сооружение и окружающая среда: учеб. пособие / Ю.В. Трофименко, Г.И. Евгеньев. – М.: Академия, 2008. – 400 с.

АНАЛІЗ АНОМАЛЬНИХ ЕКЗОГЕННИХ ПРОЦЕСІВ ЕКОЛОГІЧНОЇ СКЛАДОВОЇ ТЕОРІЇ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Селін Ю.М.

Науково-навчальний комплекс «Інститут прикладного системного аналізу»
(Київ, Україна)

На конференції ООН з питань навколишнього середовища і розвитку, яка відбулася 1992 р. в м. Ріо-де-Жанейро (Бразилія) було одностайно проголошено, що основою розв'язання гострих соціально-економічних і ресурсо-екологічних проблем є перехід до моделі сталого розвитку. Концепція сталого розвитку економіки визнана світовою спільнотою народів домінантною ідеологією розвитку людської цивілізації у XXI ст., стратегічним напрямом забезпечення матеріального, соціального і духовного прогресу суспільства.

Сталий соціально-економічний розвиток означає, таке функціонування народногосподарського комплексу, коли одночасно забезпечуються: задоволення зростаючих матеріальних і духовних потреб населення; раціональне та екологічнобезпечне господарювання й високоефективне використання природних ресурсів; підтримання сприятливих для здоров'я людини природно-екологічних умов життєдіяльності, збереження, відтворення і примноження якості довкілля та природно-ресурсного потенціалу суспільного виробництва. Інакше кажучи, сталий розвиток – це насамперед економічне зростання, за якого ефективно розв'язуються найважливіші проблеми життєзабезпечення суспільства без виснаження, деградації і забруднення довкілля.

У XX столітті, особливо в останній його третині, у зв'язку з посиленням впливу людини на природу, екологія набула особливого значення як наукова основа раціонального природокористування і охорони живих організмів. З 80-х років XX ст. екологічні проблеми, породжені сучасним суспільним розвитком, викликали сплеск наукових досліджень [1, 2, 3, 4, 5, 6 та ін.], технічних розробок і законодавчих рішень, мета яких – охорона навколишнього середовища і стійкий економічний розвиток сучасного суспільства.

Але бурхливий ріст досліджень в області математичного моделювання в екології [7, 8, 9, 10] поки що не привів до створення узагальнюючих екологічних моделей, які погоджують усі елементи екологічних процесів у цілісну єдину систему. [11].

Існують дві основні групи процесів по своєму генезису або природі походження:

- ендегенні (антропогенні), викликані господарською діяльністю людини, які можуть бути керованими й у визначених випадках здемпфированими або навіть відвертеними;

- екзогенні, що є проявом космічних і внутрішніх геологічних процесів і змін, які носять суцільно об'єктивний характер, не піддаються керуванню, але можуть спостерігатися, прогнозуватися, передбачатися й отже, можуть бути розроблені комплекси заходів для мінімізації можливого збитку.

У рамках теорії сталого розвитку обмежуються, здебільше, розглядом ендегенних процесів, але й екзогенні процеси так само впливають на навколишнє середовище і на якість людського життя.

Екзогенні екологічно небезпечні процеси відрізняються складними взаємозв'язками, взаємозалежностями, взаємодіями різноманітних факторів і причин, мають наступні характерні властивості й особливості: різноманітність і різнотипність причин і факторів, дії яких призводять до їхнього виникнення; просторова розподіленість умов виникнення, невизначеність у часі і просторі динаміки розвитку і регіонів їхнього впливу на екосередовище; нестационарність властивостей і невизначеність їхніх характеристик.

Серед усієї кількості екзогенних процесів варто виділити клас процесів, які неможливо моделювати за допомогою динаміко-чисельних методів, а через відсутність певної періодичності (добової, місячної, річної або іншої сталої періодичності) їх важко описувати за допомогою емпірико-статистичних методів. Тож актуальною є задача розробки аналізу протікання таких процесів, а також розробити методи прогнозування таких процесів для подачі інформації в систему розрахунків відповідних індикаторів екологічної складової концепції сталого розвитку.

Одним з можливих варіантів вирішення цієї задачі є підхід до ситуаційного аналізу екологічних процесів, який ґрунтується на використанні прихованих марковських ланцюгів. Перевагою даного підходу є те, що він дає можливість описувати як явно визначені процеси, так і приховані впливи, які, як правило, мають місце в екології. Застосування такого підходу до ситуаційного аналізу в екології дасть можливість суттєво підвищити якість розпізнавання ситуацій та підвищити якість рішень щодо цих ситуацій.

Різні розробки прихованих марковських моделей на сьогодні мають широке застосування щодо вирівнювання послідовностей (білків, ДНК тощо), а також для виявлення гомології між ними та пошуку й розпізнавання послідовностей, деяким узагальненою подібністю. Під марковським ланцюжком в узагальненому розумінні маємо послідовність випадків, кожен з яких відбувається із певною ймовірністю. Перші застосування цього математичного апарату були для розпізнавання мови (13).

Головною задачею розпізнавання, яку ми досліджуємо, використовуючи математичний апарат марковських моделей, полягає в наступному. Нехай маємо дві довгих послідовності координат, потрібно виявити, наскільки ці послідовності належать одній події, є близькими за своєю статистичною структурою. При цьому наш висновок повинен бути стійким щодо малосуттєвих змін, таких як вставки та випадання окремих дільниць послідовностей, переставляння невеликих фрагментів і т. ін.

Можна порівнювати й цілком невеликі послідовності, але тоді їх повинно бути достатньо. Статистична наближеність послідовностей може бути наслідком подоби їх функціональних властивостей або єдності виникнення (належить одному оператору). Наприклад, маючи набір послідовностей одного оператора, можна виявити, чи належить цьому оператору деяка послідовність чи ні. Тип марківської моделі обирається в залежності від змісту завдання.

Нижче розглянемо типи марківських моделей, а також будуть наведені області їх застосування. Нехай визначена марківська модель та деякий набір вихідних (навчальних) послідовностей. Тоді за вихідними даними визначаються параметри θ_0 моделі. Ймовірність $P_r(X | \theta_0)$ для нової послідовності X при заданих параметрах θ_0 визначає точність відповідності X параметрам моделі. Чим більша величина $P_r(X | \theta_0)$, тим краще послідовність X відповідає параметрам моделі, тим більше підстав віднести послідовність X до того ж оператора, що й вихідні послідовності. Реально однозначно задана послідовність, а параметри моделі ми обираємо за власним свавіллям, тому нам важливо, наскільки велике значення $P_r(X | \theta_0)$ – ймовірність того, що параметри моделі, які породжує X , дорівнюють θ_0 . У відповідності з формулою Байєса:

$$P_r(\theta_0 | X) = \frac{P_r(X | \theta_0)P_r(\theta_0)}{\sum_{\theta} P_r(X | \theta)P_r(\theta)}$$

видно, що $P_r(\theta_0 | X)$ та $P_r(X | \theta_0)$ прямо пропорційні. Оскільки значення $P_r(X | \theta_0)$ зазвичай достатньо малі та суттєво залежать від довжини $|X|$ послідовності X , то на практиці користуються параметром:

$$\frac{1}{|X|} \log \frac{1}{P_r(X | \theta_0)},$$

який можна інтерпретувати, як складність послідовності X в марківській моделі з параметрами θ_0 в розрахунку на один сегмент. Чим менша складність, тим краще послідовність відповідає параметрам моделі.

Визначення марковської моделі. Нехай $D = \{a_i\}$ – скінчений алфавіт та S – множина станів моделі. Розглянемо орієнтований граф, вершинами якого є стани S , а ребра позначені буквами алфавіту D . Орієнтовані шляхи за графом породжують слова в алфавіті D .

Говорять, що такий граф задає скінчений автомат, а множина слів, народжених таким автоматом, називається регулярною мовою. Іноді посеред станів обираються кінцевий та початковий стани, тобто стани, з яких починається та закінчується будь-яке породжуване слово.

Одним з найбільш важливих прикладів графів, які визначають марківську модель, є граф де Брейна:

Нехай $S = D^l$, стани $\sigma = a_{i_1} \dots a_{i_l}$ та $\sigma' = a_{j_1} \dots a_{j_l}$ поєднані ребром, якщо $\omega = a_{i_2} \dots a_{i_l}$ та $\omega = a_{j_2} \dots a_{j_{l-1}}$, тобто $\sigma = a_{i_1} \omega$ та $\sigma' = \omega a_{j_l}$.

Ребро, яке поєднує стани σ та σ' , позначимо буквою a_{j_l} . Наведений вище спосіб породження символічних послідовностей називається марківською моделлю, якщо ввести ймовірності $P(\sigma | \sigma', a)$ переходів між станами моделі та ймовірності $P(a | \sigma)$ породження букв у різних станах. Набір імовірностей називається набором параметрів марківської моделі. Параметри моделі повинні задовольняти наступним умовам:

$$P(\sigma_j | \sigma_i, a_k) \geq 0, \sum_j P(\sigma_j | \sigma, a) = 1,$$

$$P(a_j | \sigma_i) \geq 0, \sum_j P(a_j | \sigma) = 1.$$

Ймовірність пари, яка складається із символічної послідовності $x^n = x_1 x_2 \dots x_n$ та відповідної йому послідовності станів $s^n = s_1 s_2 \dots s_n$ визначається рекурентно з рівності:

$$P(x^{n+1}, s^{n+1}) = P(x^n, s^n) P(s_{n+1} | s_n, x_n) P(x_{n+1} | s_{n+1}).$$

Маємо $P(x^0, s^0) = P(0) = 1$.

Крім цього:

$$P(x^n) = \sum_{s^n \in S^n} P(x^n, s^n),$$

$$P(s^n | x^n) = \frac{P(x^n, s^n)}{P(x^n)}$$

Розглянемо систему, яка в довільний момент часу може знаходитися в одному з N різних станів S_1, S_2, \dots, S_N , як показано на рис. 1.

У дискретні моменти часу $t = 1, 2, \dots$ система переходить з одного стану в інший, але може залишатися і в тому, що існує (поточний стан у момент часу t описуватимемо як q_t). При цьому переходи здійснюються відповідно до деякої матриці вірогідності,

$$a_{ij} = P[q_i = S_j | q_{i-1} = S_i] \quad 1 \leq i, j \leq N$$

При цьому a_{ij} має наступні властивості:

$$a_{ij} \geq 0$$

$$\sum_{j=1}^N a_{ij} = 1$$

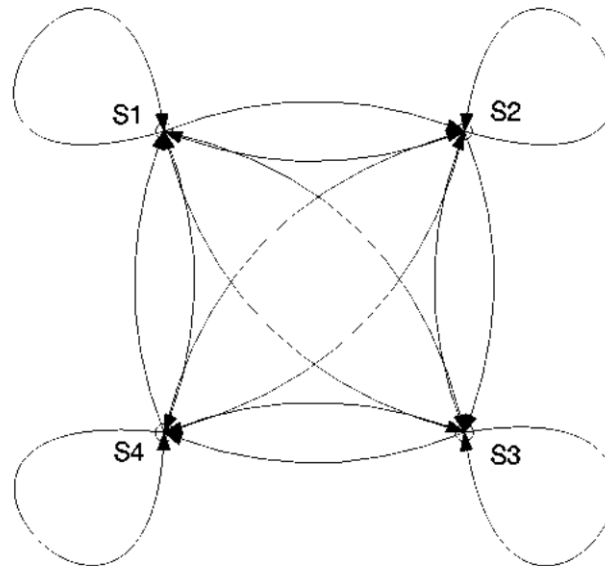


Рисунок 1 – Марківська модель

Такий стохастичний процес називається марківським процесом. Результатом спостереження такого процесу є послідовність станів, які система проходить за час спостереження.

Тут ми використовували запис $\Pi_j = P[q_j = S_i], 1 \leq i \leq N_j$ для визначення ймовірностей початкових станів.

Таким чином, маючи модель процесу у вигляді матриці ймовірностей $A = a_{ij}$ і матриці ймовірностей початкових станів, можна обчислити ймовірність будь-якої послідовності станів, тобто будь-якого спостереження. Така модель і називається марківською моделлю.

Проте для систем визначення параметрів процесу така модель не дає точного опису і може застосовуватися лише із значними обмеженнями, оскільки реальні системи визначення параметрів процесу мають структуру вкладених стохастичних систем.

Розглянутий вище тип марківських моделей може бути добре застосовний там, де стани моделі відповідають реально спостережуваним подіям, проте такі моделі дуже обмежені, щоб бути застосовними до великого числа різних завдань.

На практиці найбільш поширені так звані приховані марківські моделі (ПММ). Вони описують вкладені стохастичні процеси, коли реально спостерігаються тільки події зовнішнього процесу, а події якогось прихованого процесу не спостерігаються безпосередньо – вони можуть бути визначені тільки із спостережень зовнішнього процесу. У таких моделях спостережувані події є імовірнісними функціями від реального стану системи.

При цьому ПММ можна описати наступним набором параметрів:

1) N – число станів моделі. Не дивлячись на те, що внутрішні стани системи приховані, для реальних додатків число станів N вибирається, виходячи з фізичних властивостей модельованого процесу. Позначатимемо конкретне значення стану як S і стан системи у момент часу t як S_t .

2) M – число різних, спостережуваних у кожному стані символів (тобто розмір алфавіту). Спостережувані символи відповідають фізичному виходу модельованої системи (у нашому випадку символом є відповідний примітив). Далі умовимося позначати конкретні символи як O_1, O_2, \dots, O_t

3) $A = \{a_{ij}\}$ – матриця вірогідності переходів, де $a_{ij} = P[q_{i+1} = S_j | q_i = S_i], 1 \leq i, j \leq N$

Для спеціального випадку, коли будь-який стан може бути доступний з будь-якого іншого за один крок (повнозв'язний граф, як на рис. 2.3), для всіх a_{ij} виконується умова $a_{ij} > 0$. Для інших випадків може бути рівною 0 для однієї або декількох пар i і j .

4) $B = \{b_j(k)\}$ – розподіл вірогідності спостережуваних символів у стані j

де $b_j(k) = P[v_k | q_i = S_j]$, $1 \leq j \leq N$, $1 \leq k \leq M$ (для безперервного випадку $b_j(k)$ задається як функція розподілу щільності вірогідності).

5) $\Pi = \{\Pi_i\}$ – вірогідність кожного початкового стану,

Таким чином, задавши значення N, M, A, B і Π для ПММ, її можна використовувати як генератор послідовностей таким чином:

а) Керуючись розподілом вірогідності початкових станів Π_i вибирається початковий стан $q_1 = S_j$

б) Встановлюється $t = 1$.

с) Керуючись розподілом вірогідності символів у стані S_j (тобто, $b_j(k)$), вибирається $O_t = v_k$

д) Переходимо в новий стан $q_{t+1} = S_j$, керуючись матрицею ймовірностей переходів для стану, S_i тобто a_{ij}

е) Встановлюємо $t = t + 1$ і повертаємося до кроку 3).

ф) Повторюємо процедуру, поки не наберемо послідовність потрібної довжини.

Як видно з наведеного вище матеріалу, для повного визначення ПММ необхідно задати два параметри спостережуваних символів (M і N), і три імовірнісні величини A, B і Π . Для компактності умовимося записувати останні як:

$$\lambda = (A, B, \Pi)$$

Основні завдання при застосуванні ПММ до визначення параметрів процесів. Для використання ПММ при розпізнаванні мови необхідно вирішити три задачі [12].

Завдання 1: Якщо задані послідовність спостережень і модель $\lambda = (A, B, \Pi)$, то як ефективно обчислити $P(O | \lambda)$ – вірогідність такої послідовності при заданих параметрах моделі?

Завдання 2: Якщо задані послідовність спостережень і модель $\lambda = (A, B, \Pi)$, то як визначити відповідну послідовність внутрішніх станів?

Завдання 3: Якщо задані послідовність спостережень, то як визначити параметри моделі $\lambda = (A, B, \Pi)$, виходячи з критерію максимізації $P(O | \lambda)$?

Очевидно, що розв'язання першої задачі дозволить ефективно розпізнавати елементи з деякого обмеженого набору, маючи готові, вже навчені моделі цих елементів. У цьому випадку наявний елемент дискретизується і після сегментації на певні примітиви розглядається як набір послідовностей спостережень. Замість безпосередньо графічного сигналу системи зазвичай працюють з якимсь набором примітивів (меншим за об'ємом), що характеризує наявний сигнал. Цей етап називається передобробкою сигналу. Потім кожна послідовність спостережень, що є невідомим словом, перевіряється на відповідність усім наявним у словнику моделям слів. Для цього обчислюється вірогідність генерації такої послідовності спостережень кожній з наявних у словнику моделей. Слово, модель якого з найбільшою вірогідністю генерує таку послідовність спостережень, і є результатом розпізнавання.

Рішення другої задачі дозволяє виявляти «приховану» частину моделі, тобто знаходити її внутрішні стани. Насправді визначити ту послідовність станів, яка мала місце, неможливо, а у випадку з визначенням такої послідовності просто немає, оскільки вважається, що модель мовоутворення людини не носить стохастичний характер. Проте, знаходження оптимальної послідовності дає нам додатковий критерій порівняння при

пошуку оптимальної моделі і дозволяє виявляти статистичні характеристики конкретних станів моделі.

Рішення третього завдання дозволяє навчати моделі, тобто обчислювати параметри моделі так, щоб вона найкращим чином описувала так звані «тренувальні» послідовності. Завдання тренування моделей вважається найскладнішим при використанні ПММ у системах визначення параметрів процесу, оскільки невідомо єдиного і універсального способу її рішення, а від результату навчання моделей залежить якість роботи системи розпізнавання.

Рішення задачі першого типу дає можливість, за наявності певної статистики спостережень, вирішувати задачу прогнозу, порівнюючи, з одного боку, наявні спостереження з відомими наслідками, а з іншого боку, спостереження, що отримуються безпосередньо, спостерігаючи за розгортанням процесу.

Таким чином, у статті запропоновано підхід щодо врахування екзогенних впливів шкідливих природних процесів на якість навколишнього середовища. Даний підхід ґрунтується на прихованих марковських моделях. Перевагою даного підходу є те, що він дає можливість описувати як явно визначені процеси, так і приховані впливи, які, як правило, мають місце в екології. Застосування такого підходу до ситуаційного аналізу в екології дасть можливість суттєво підвищити якість розпізнавання ситуацій та підвищити якість рішень щодо цих ситуацій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Марчук Г.И., Кондратьев К.Я. Проблемы глобальной экологии. – М.: Наука, 1992. – 264 с.
2. Моделирование и управление процессами регионального развития. / Под ред. С.Н. Васильева. – М.: Физматлит, 2001. – 432 с.
3. Реймерс Н.Ф. Экология. – М.: Россия молодая, 1994. – 367 с.
4. Романов М.Ф., Федоров М.П. Математические модели в экологии. – СПб.: СПб ГТУ, 2001. – 231 с.
5. Фундаментальные экологические проблемы в разработках РАН. / Под ред. Т.Г. Пархалика. – М.: Наука, 1995. – 96 с.
6. Яблоков А.В. Развитие экологических исследований в СССР // Вестн. АН СССР. 1989. – № 9. – С. 38 – 45.
7. Гринин А.С., Орехов Н.А., Новиков В.Н. Математическое моделирование в экологии. – М.: Юнити-Дана, 2003. – 270 с.
8. Крапивин В.Ф., Свирежев Ю.М., Тарко А.М. Математическое моделирование глобальных биосферных процессов. – М.: Наука, 1982. – 272 с.
9. Никифоров А.М., Хоружая Т.А. Глобальная экология. – М.: ЗАО «Книга сервис», 2003. – 285 с.
10. Самарский А.А. и др. Математическое моделирование. Процессы в сложных экономических и экологических системах. – М.: Наука, 1986. – 296 с.
11. Селін Ю.М. Системний аналіз екологічно небезпечних процесів різної природи / Ю.М. Селін // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2007. – № 2. – С. 22-32.
12. Rabiner L.R., «A tutorial on Hidden Markov Models and Selected Applications in Speech Recognition», Proceedings of the IEEE, vol, 77. no.2, February 1989, pp. 257-284.
13. Гринин А.С., Орехов Н.А., Новиков В.Н. Математическое моделирование в экологии. – М.: Юнити-Дана, 2003. – 270 с.

ВЛИЯНИЕ ОРИЕНТАЦИИ ТЕПЛОПЕРЕДАЮЩЕГО УЧАСТКА СУДОВОЙ ОБШИВКИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ЭНЕРГОУСТАНОВКИ

Федоровский К.Ю., Ениватов В.В.
Севастопольский национальный технический университет
(Украина)

Введение. В современном судостроении особое внимание уделяется вопросу повышения надежности, эффективности и экологической безопасности эксплуатации энергоустановок судов. Одной из наиболее ответственных систем, обеспечивающих работу энергетических установок, является система охлаждения (СО). Широкое применение на судах получили разомкнутые СО (рисунок 1. а) При этом коррозионно-активная и часто загрязнённая забортная вода становится причиной нарушения надежной работы энергоустановки. В целом ряде случаев (работа в загрязненной акватории, рейферные работы, плавание в мелководье, ледовой шуге и т.д.), происходит интенсивное засорение элементов контура СО забортной воды (фильтров, теплообменников, насосов, кингстонных ящиков и др.), что зачастую приводит к внезапной остановке судовой энергетической установки (СЭУ) из-за прекращения подачи охлаждающей воды. Кроме того, разомкнутые системы охлаждения являются экологически небезопасными с точки зрения нанесения ущерба биологическим запасам морей, поскольку, значительное количество рыбной молоди и икринок, попадая в систему с забортной водой, погибает [1], что является не менее острой проблемой в условиях истощения водных ресурсов Украины.

Одним из путей решения этих проблем является переход на замкнутые системы охлаждения (ЗСО). На судах, особенно технического флота, все чаще используются ЗСО, в которых исключается прием забортной охлаждающей воды (рисунок 1. б). Системы такого типа являются более надежными и не наносят урон экосистеме. Охлаждение энергоустановок производится пресной водой со специальными добавками. Таким образом, охлаждаемые полости меньше загрязняются посторонними веществами, накипью и меньше подвергаются коррозии. Водоподготовка в замкнутой системе легко осуществляется в судовых условиях.

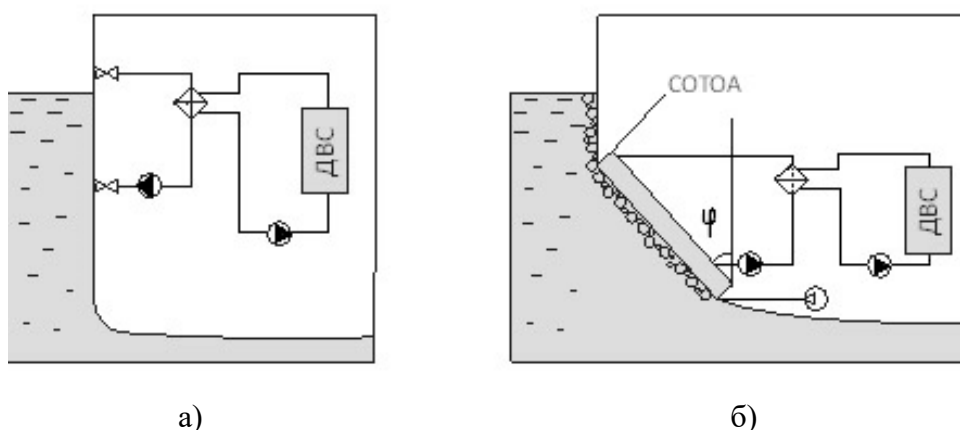


Рисунок 1 – Система охлаждения судовых энергоустановок: а) разомкнутая; б) замкнутая СО с судовым обшивочным теплообменным аппаратом при его наклоне относительно вертикали

С точки зрения простоты изготовления, обслуживания и ремонта при эксплуатации устройства теплоотвода забортной воде целесообразно изготавливать, используя элементы набора корпуса, обшивки судна и дополнительных навариваемых пластин, которые

образуют судовые обшивочные теплообменные аппараты (СОТОА). Внутри каждого элемента СОТОА по лабиринтному каналу движется охлаждаемая пресная вода СО СЭУ. Теплообменный аппарат может быть размещен в различных частях обшивки корпуса судна, а это предусматривает не только вертикальное расположение, но и его наклон под различными углами φ (рисунок 1. б). Наихудшие условия работы таких аппаратов имеют место в случае неподвижной забортной воды, когда теплоотдача осуществляется при свободной конвекции. Площадь, требуемая для отвода теплоты при этих условиях, оказывается значительной. В таких случаях возникает необходимость интенсификации теплоотдачи.

Для решения задачи интенсификации теплоотдачи была предложена подача сжатого воздуха со стороны судовой обшивки [2]. Используемый при этом сжатый газ и, в частности воздух, является довольно распространенной рабочей средой на судах и не оказывает вредного влияния на экосистему и экипаж. Существует практика подачи сжатого воздуха под корпус судна для снижения сопротивления его движению. Исходя из этого, представляется перспективным осуществлять интенсификацию теплоотдачи от наружной поверхности СОТОА забортной воде посредством создания вдоль его теплоотдающих поверхностей газожидкостных струй.

В работе [3] показаны результаты визуализированных исследований движения газовых пузырьков в жидкости вдоль наклонной поверхности, подаваемых с целью интенсификации теплоотвода в СОТОА замкнутых систем охлаждения СЭУ. Выполненная оценка эффективности интенсификации теплоотдачи за счет подачи воздуха по сравнению с теплоотдачей наклоненной поверхности при свободной конвекции, позволила судить о перспективности данного метода для наклоненной поверхности и необходимости проведения соответствующих развернутых теплотехнических исследований с целью уточнения зависимостей, описывающих процесс.

Цель работы – определение влияния ориентации теплоотдающей поверхности на процесс теплоотвода от судовой обшивки забортной воде в случае использования газожидкостной интенсификации. А также, на основании полученных результатов экспериментальных исследований, подтвердить эффективность метода газожидкостной интенсификации теплоотдачи от наклоненных поверхностей СОТОА.

Изложение основного материала. Исследование процесса теплоотдачи проводилось на экспериментальной установке, показанной на рисунке 2. Модель СОТОА (5) располагалась в бассейне (4) с неподвижной водой, объемом около 17 м^3 . В рабочем положении верхняя кромка модели отстояла от свободной поверхности воды на $0,4 \text{ м}$, нижняя от дна бассейна – $1,1 \text{ м}$, что обеспечивало достаточно свободную циркуляцию охлаждающей жидкости. С целью обеспечения минимальных тепловых потерь в стороны от основной теплопередающей стенки модели СОТОА, была предусмотрена теплоизоляция. Газовый коллектор (6) располагался снизу пластины, обеспечивая равномерное распределение газовых струй на всех углах наклона.

Горячая вода забиралась из расходной цистерны (11) объемом 1 м^3 центробежным насосом (9) производительностью $11 \text{ м}^3/\text{ч}$. Далее вода подавалась в электрический нагреватель (8) мощностью 50 кВт , обеспечивающий ее нагрев до $80 \div 85 \text{ }^\circ\text{C}$. Затем горячая пресная вода поступала в теплообменную пластину (5) модели. Проходя по лабиринтному каналу теплоотдающей пластины, горячая вода сбрасывалась в расходомерную емкость (10), объемом 40 л . С помощью клапана (7) обеспечивался постоянный расход горячей пресной воды через теплообменную пластину. Воздух подавался поршневым компрессором (2) через невозвратный клапан в газовые баллоны, емкостью 50 л каждый.

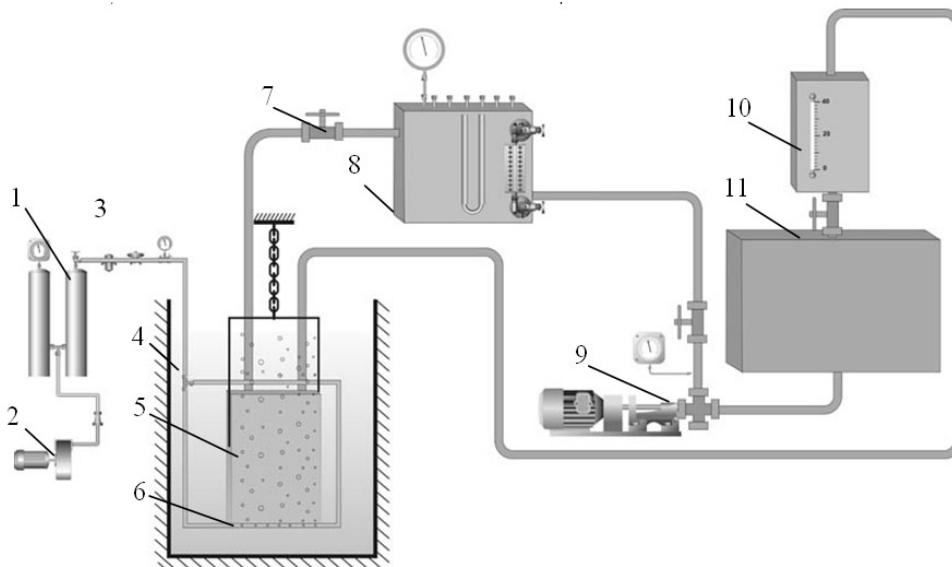


Рисунок 2 – Схема експериментальної установки: 1 – воздушные баллоны; 2 – компрессор; 3 – редукционный клапан; 4 – бассейн; 5 – теплообменная пластина; 6 – газовый коллектор; 7 – запорный клапан; 8 – электронагреватель; 9 – центробежный насос; 10 – мерная емкость; 11 – расходная цистерна

В процессе проведения экспериментов исследовалось влияние угла наклона φ теплоотводящей поверхности при фиксированном количестве подаваемого воздуха W_{GL} и температурном напоре $t_c - t_3$ на значение коэффициента теплоотдачи.

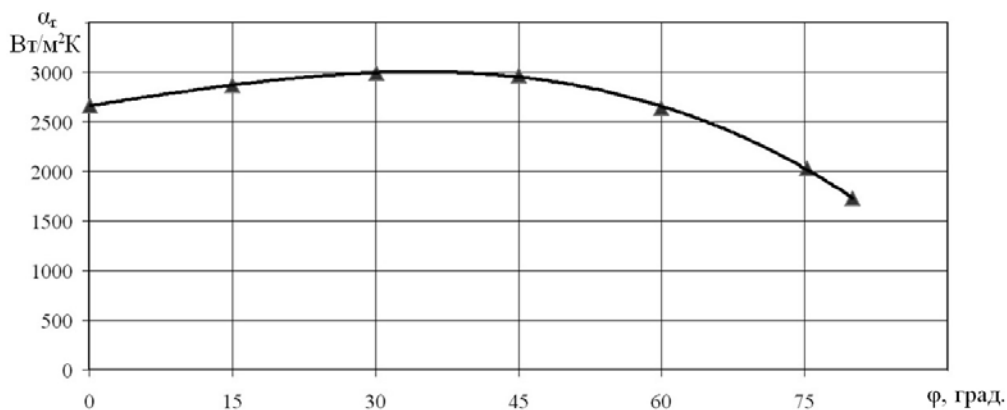


Рисунок 3 – Зависимость α_r от угла наклона поверхности при удельном расходе газа $W_{GL} = 1,15 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$

Полученные результаты подтверждают предполагаемый эффект увеличения теплоотдачи по сравнению со случаем свободной конвекции даже при больших углах наклона ($\varphi = 75^\circ - 85^\circ$). Результаты исследований для вертикальной поверхности ($\varphi = 0^\circ$) совпадают с результатами, представленными в работе [4]. Таким образом, можно считать полученные экспериментальные данные достоверными. На рисунке 3 показана зависимость коэффициента теплоотдачи α_r при различных углах наклона поверхности без учета конвективной составляющей $\alpha_{ск}$ [4] (температурный напор между стенкой и омывающей жидкостью $t_c - t_3 = 7 \div 8 \text{ }^\circ\text{C}$). Из графиков видно, что коэффициент теплоотдачи α_r принимает значения от 2200 Вт/м²К до 1700 Вт/м²К при углах наклона от 0 до 80° и удельном расходе газа равном $1,15 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$. Уменьшение коэффициента теплоотдачи при увеличении угла наклона поверхности СОТОА является следствием уменьшения скорости всплытия газовых пузырьков и, как следствие, уменьшения скорости увлекаемой газовой струей омывающей жидкости. Следует отметить, что при

изменении угла наклона пластины от 0° до значений близким к 30° наблюдается увеличение α_T на $800 \text{ Вт/м}^2\text{К}$, что объясняются «скребущим» эффектом всплывающего пузырька газа, разрушающего пристенный ламинарный подслои, и мощной турбулизацией потока жидкости, движущейся вдоль поверхности. При дальнейшем увеличении угла наблюдается уменьшение коэффициента теплоотдачи, вызванное прижиманием газожидкостной струи к теплоотдающей пластине, в соответствии с результатами визуальных исследований, представленными в работе [3]. При этом не наблюдается вытеснения воздухом омывающей поверхность жидкости, скорость которой уменьшается, но остается достаточно высокой, обеспечивая высокую эффективность интенсификации теплоотдачи.

Выводы. Полученные экспериментальным путем зависимости, показывающие влияние ориентации СОТОА на процесс теплоотдачи от поверхности, свидетельствуют о высокой эффективности предложенного метода газожидкостной интенсификации. С целью получения максимального коэффициента теплоотдачи, рекомендуется размещение теплообменного аппарата на участках обшивки корпуса судна, отклоненных на 30° от вертикали. В ходе дальнейших исследований необходимо определить значение расходов газа, обеспечивающих оптимальную работу СО при различных углах наклона теплообменного аппарата, и на основании экспериментальных данных получить уравнение подобия, описывающего процесс теплоотдачи в ЗСО с СОТОА, которое позволит разработать методику расчета площадей теплообменных аппаратов такого типа.

Таким образом, использование газа в целях интенсификации теплоотдачи от СОТОА в замкнутых системах охлаждения СЭУ позволяет более эффективно использовать теплоотводящие площади и, следовательно, значительно снизить эксплуатационные затраты, улучшить энергетические характеристики, а также уменьшить массогабаритные параметры и стоимость теплоотводящих элементов СЭУ, что позволит создать и внедрить надежную и экологически безопасную СО в современное судостроение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Цыпин В.М. Возможности снижения вредного влияния работы энергетических установок буровых платформ на окружающую среду / В.М. Цыпин, Л.Н. Пшенин // Материалы Всесоюзной научно-технической конференции «Основы проектирования плавучих буровых установок». – 1980. – С. 278-283.
2. Федоровский К.Ю., Ениватов В.В. Газожидкостная интенсификация теплоотдачи от судовой обшивки при различных углах ее наклона / Вестник СевГТУ. Сер. Механика, энергетика, экология: Сб. науч. тр. – Севастополь, 2009. – Вып. 97. – С. 59-61.
3. Федоровский К.Ю., Ениватов В.В. Повышение эффективности экологически безопасных систем охлаждения морских энергоустановок / Науковий вісник: Зб. наук. пр. ХДМІ. – Херсон, 2009. – Вип. 1 (1). – С. 161-165.
4. Федоровский К.Ю. Устройства и системы охлаждения энергетических установок морских технических средств: Дис... д-ра техн. наук: 05.08.05. – Севастополь, 1991. – 347 с.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ИНВЕСТИЦИОННУЮ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТЬ РЕГИОНА

Ходаков В.Е., Соколова Н.А.
Херсонский национальный технический университет
(Украина)

Введение. Решение проблемы развития регионов требует притока инвестиций. Существуют два пути получения инвестиций. Первый – предоставление ресурсов государством. Возможности государственных инвестиций в Украине крайне ограничены и их эффективность не всегда высока, так что они в полной мере не решают проблему. Второй путь – привлечение частных инвестиций, более естественен для рыночной экономики. Но для них и нужен благоприятный инвестиционный климат, который позволил бы Украине конкурировать на международных рынках капиталов и, что особенно важно, прекратить отток капиталов из страны.

Цель работы. Для решения этих задач необходимы методы и системы оценки инвестиционной привлекательности региона, территории. Целью работы является изложение результатов разработки информационной системы оценки инвестиционной привлекательности региона.

Основное содержание. Появление в Украине вместо одного и единственного инвестора – государства, множества самостоятельных хозяйствующих субъектов и потенциальных инвесторов, а также приход на украинский рынок иностранных инвесторов обусловили потребность в оценках инвестиционной привлекательности регионов Украины. Так как регион имеет существенные отличия от государства в целом, то механическое перенесение известных и апробированных в международной практике методических подходов оказалось невозможным. Понимание этой специфики привело к разработке различных оценок инвестиционной привлекательности регионов Украины, проведенных не только отечественными, но и зарубежными исследователями и фирмами.

Наиболее распространенным методом, применяющимся в этих исследованиях, является ранжирование регионов. В результате этой процедуры, составляется рейтинг, т.е. линейный ряд объектов, в котором они по сочетанию выбранных признаков находятся на равном расстоянии друг от друга. Каждому из них присваивается порядковый номер (ранг), соответствующий его месту в общем ряду. Наиболее предпочтительному объекту, как правило, присваивается первый ранг. На основе как рейтингов, так и абсолютных значений показателей составляются группировки. В этом случае каждый регион относится к определенному классу (типу) объектов, выделенному экспертами по сочетанию условий инвестирования и уровню предпочтительности для инвестора.

Основными недостатками исследования инвестиционной привлекательности российских регионов, на наш взгляд, являются:

1. Разноточение в самом понятии «инвестиционного климата».
2. Ограниченность набора учитываемых показателей.
3. Отсутствие учета законодательных условий инвестирования, особенно регионального законодательства.

Анализ отечественных и зарубежных методов оценивания инвестиционной привлекательности регионов позволяет отметить, что построение региональных рейтингов по критерию инвестиционной привлекательности должно базироваться на системном анализе региональной ситуации и возможных путей ее развития, определении множества факторов, влияющих на реализацию специфических региональных инвестиционных проектов.

В основном инвестиционная привлекательность региона формируется под влиянием множества факторов политического, производственного, ресурсно-сырьевого, инновационного, социального, кадрового, потребительского и экологического характера.

Степень влияния вышеотмеченных факторов может учитываться выбором набора показателей, определяющих уровень инвестиционной привлекательности.

До сих пор при оценке инвестиционной привлекательности не учитываются природно-климатические факторы (ПКФ). Следует отметить, что природно-климатические факторы исторически определили специфику хозяйствования того или иного региона, то есть влияние природно-климатических факторов на процессы развития экономики очевидны.

Так, в частности неблагоприятные природно-климатические условия Украины по сравнению со странами Западной Европы требуют дополнительных затрат как в экономике, так и в повседневной жизни населения. Это, в свою очередь, создает определенные трудности при привлечении инвестиций в регион, так как значительно возрастают инвестиционные риски.

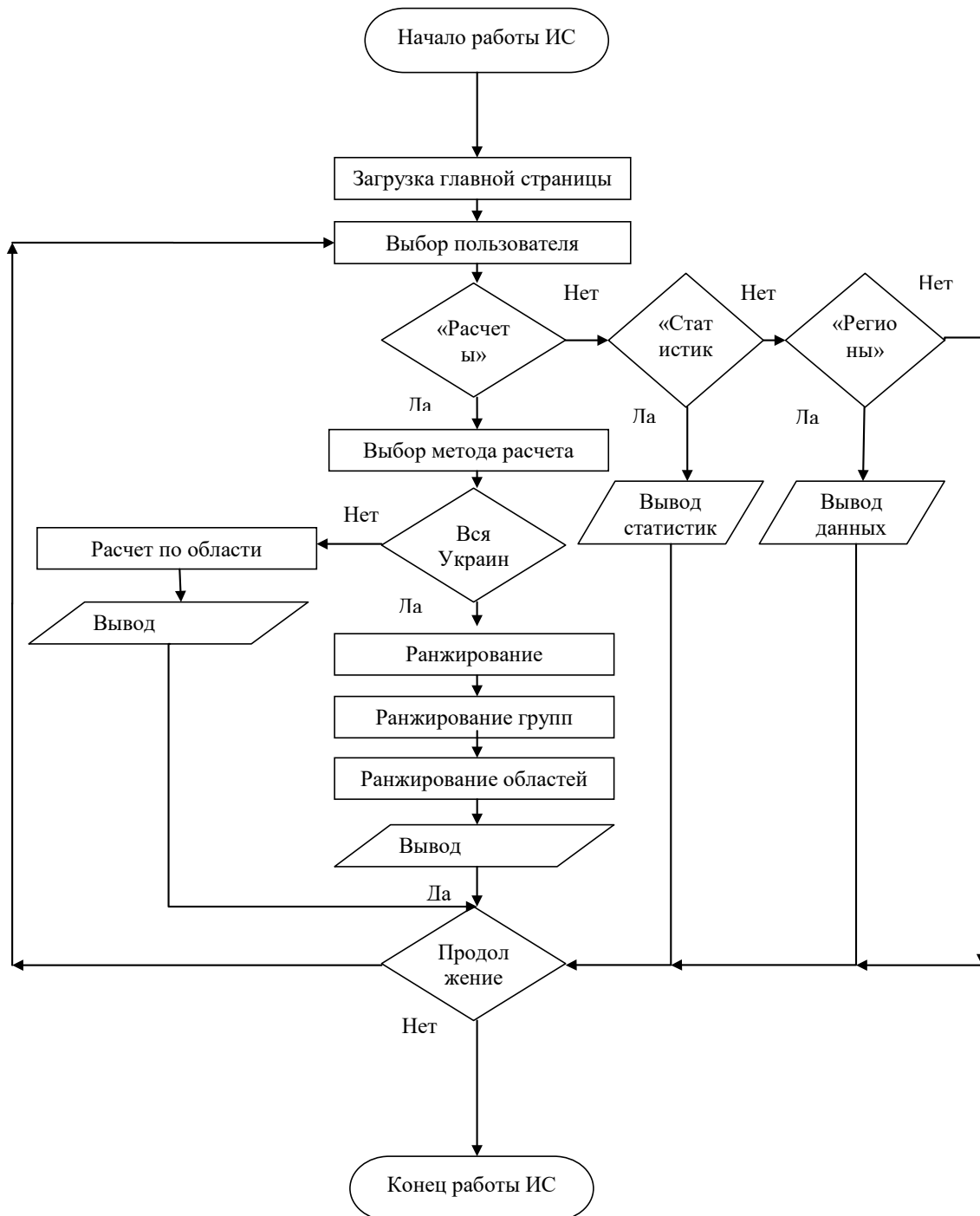


Рисунок 1 – Алгоритм работы программного продукта

Преодоление негативного влияния ПКФ в Украине требует значительных дополнительных капиталовложений. Все это необходимо учитывать при составлении инвестиционных программ и программ развития для того или иного региона, то есть целесообразно повысить приоритет уровня учета природно-климатических факторов при расчетах инвестиций, при построении стратегий развития регионов, при формировании региональной политики.

С целью расчета показателей инвестиционной привлекательности региона разработан программный продукт, который позволяет выполнять учет влияния природно-климатических факторов.

Программный продукт разработан на основе популярных технологий AMP (Apache MySQL PHP) + HTML + JavaScript, что говорит о его соответствии стандартам и одинаково отображаемым во всех браузерах. Данная технология имеет ряд преимуществ за счет кросс-платформенности, надежности и не критичности к технической базе. Алгоритм работы программы приведен на рис. 1.

Расчет инвестиционной привлекательности может производиться как без учета ПКФ, так и с учетом ПКФ.

Выполненные расчеты показывают, что, например, для таких регионов, как Крым, Херсонская область учет ПКФ повышает уровень инвестиционной привлекательности, т.к. природно-климатические условия этих регионов являются довольно комфортабельными в пределах Украины.

Заключение. Изложен подход к разработке системы для оценки устойчивости развития региона посредством определения значений косвенного показателя устойчивости – инвестиционной привлекательности региона и разработан программный продукт для получения численных значений уровня инвестиционной привлекательности в соответствии с разработанной методологией. Программный продукт разработан на основе технологий AMP (Apache, MySQL, PHP), HTML, CSS, имеет простой и удобный интерфейс.

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ РОЗПОДІЛУ ПОРОЖНІХ ВАГОНІВ ПРИ ЗАБЕЗПЕЧЕННІ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ ВАНТАЖНИХ СТАНЦІЙ НА ОСНОВІ РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ

Чеклов В.Ф., Шеховцов О.І.

Донецький інститут залізничного транспорту
(Україна)

Для раціонального використання парку вагонів потрібне скорочення обігу вагона за рахунок зменшення часу знаходження вагонів на технічних та вантажних станціях, покращення показників роботи підрозділів залізниці при удосконаленні технології організації вагонопотоків і поїздоутворення [1]. При перевезеннях масових вантажів, які саме і визначають фінансовий стан залізниць і галузі в цілому, доцільніше використовувати кільцеву маршрутизацію [2].

Покращення технології розподілу порожніх вагонів після перевезення в них специфічних вантажів, а саме глини до ДП «Маріупольський МТП» вимагає покращення плану формування поїздів. Вантажовідправники даного вантажу примикають до станцій Очеретине, Мерцалове, Костянтинівка, Кіндратівка, Дружківка, Часів Яр та Попасна Донецької залізниці. Технологію доставки вагонів з порту до станцій наведено на рисунку 1.

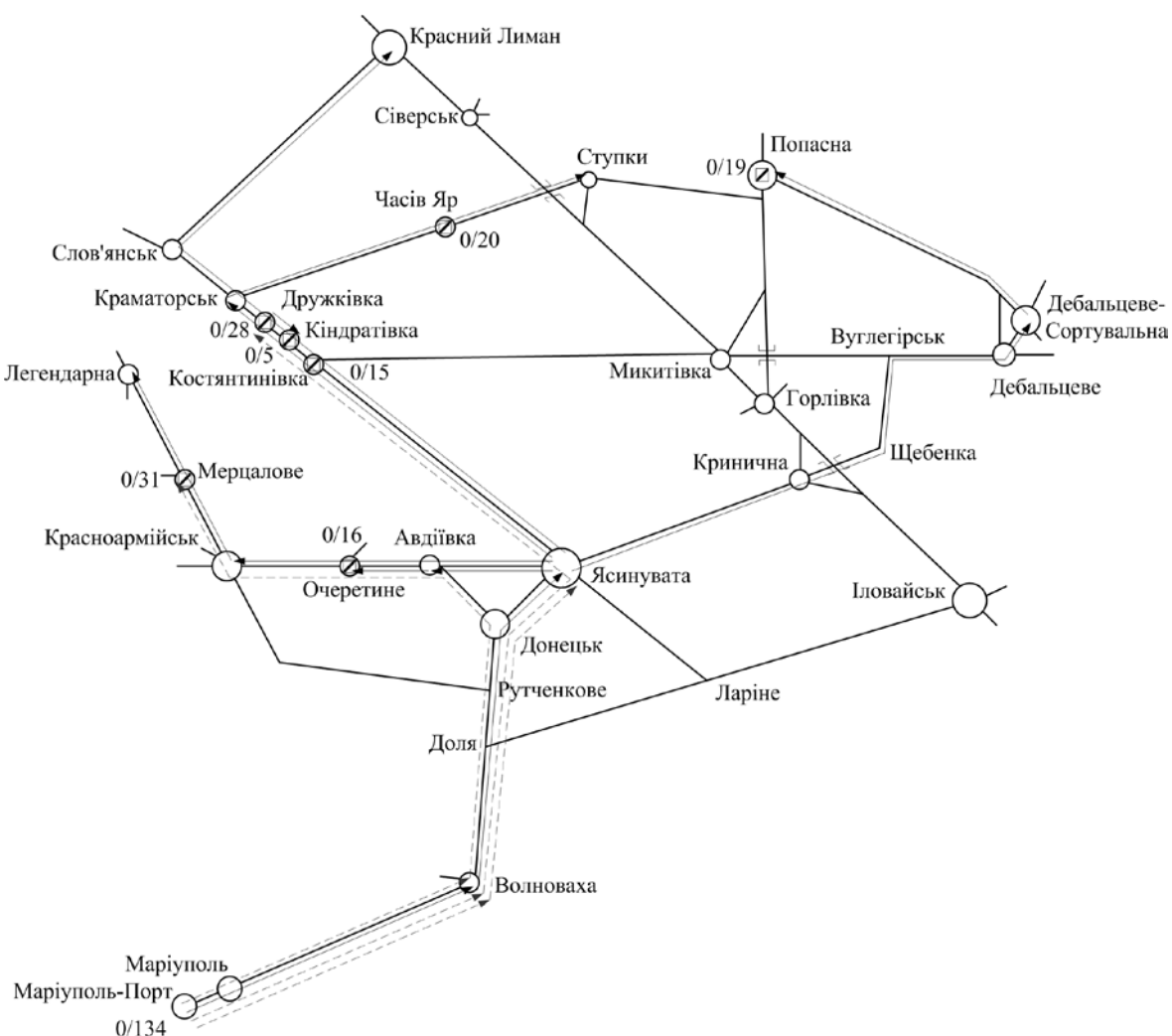


Рисунок 1 – Схема розподілу порожніх вагонів

→ – існуюча технологія (згідно з ПФП);
- - - - - → – технологія, яка пропонується.

На схемі також позначено середньодобове вивантаження вагонів при перевезенні глини, яке отримане шляхом аналізу статистичних даних. Пропонується струмені, призначенням до станцій Очеретине та Мерцалове, об'єднувати в порожній маршрут з відчепленням складом 47 вагонів, а також призначення Костянтинівка, Кіндратівка, Дружківка дасть маршрут складом 48 вагонів. Маршрути будуть формуватися зі станції Волноваха.

Для визначення економічної ефективності від впровадження запропонованої технології, визначимо зменшення часу обігу порожнього вагону, для цього використаємо формулу [3]:

$$\Delta \Theta_{пор} = \frac{1}{24} \left(\frac{\Delta l_{пор}}{v_{дїл}} + k_m^{пор} \cdot \Delta t_{ван} \cdot \gamma_{пор} + \frac{\Delta l_{пор}}{L_g} \cdot \Delta t_{мех} \right), \quad (1)$$

У випадку проходження вагонами технічної станції без переформування, тобто маршрутом, зменшення часу знаходження вагонів на технічних станціях буде розраховуватися за формулою [4]:

$$\Delta t_{мех} = t_{розф} + t_{нак} + t_{з.ф.}, \quad (12)$$

де $t_{розф}$ – час на розформування складу поїзда, год.;

$t_{нак}$ – час накопичення вагонів на склад, год.;

$t_{з.ф.}$ – час на закінчення формування поїзда, год.

Середній обіг порожнього піввагона на Донецькій залізниці складає 1,16 доби.

При формуванні маршрутів до станцій Очеретине та Мерцалове $\Delta t_{мех}$ складе 12,77 години. Зменшення часу знаходження вагонів на станції вивантаження, через відсутність необхідності ретельного очищення вагонів, компенсується за рахунок додаткового простою вагонів на станції Волноваха при накопиченні. Таким чином, зменшення часу обігу порожнього вагону складе 0,53 доби – 45,7 %. Середньодобове відправлення порожніх вагонів з порту за даним напрямком складає 47 вагонів – при цьому зменшення робочого парку можливе на 29 одиниць.

Для маршруту розпилення на станціях Костянтинівка, Кіндратівка, Дружківка, зменшення часу обігу вагону складе 0,34 доби – 29,3 %, що скорочує робочий парк вагонів на 16 одиниць.

Таким чином, удосконалення процесу розподілу порожніх вагонів при забезпеченні спеціалізованих вантажних станцій за рахунок поліпшення системи поїздоутворення дозволяє зменшити обіг порожнього вагону на 37,5 %, і як наслідок – зменшити потрібний робочий парк вагонів на 33,6 %.

ЛІТЕРАТУРА

1. Лаврухін О.В. Удосконалення оперативного планування роботи вантажної станції в умовах нечіткої вихідної інформації / О.В. Лаврухін, І.О. Левченко // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна – 2008. – Вип. 25. – С. 162-164.
2. Данько М.І. Удосконалення логістичних послуг місцевої роботи у перевізному процесі при взаємодії вантажовласників та залізниць України / М.І. Данько, А.М. Котенко, В.В. Кулешов, А.В. Кулешов // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – 2009. – Вип. 111. – С. 7-17.
3. Кочнев Ф.П. Управление эксплуатационной работой железных дорог: Учеб. пособие для вузов / Ф.П. Кочнев, И.Б. Сотников. – М.: Транспорт, 1990. – 424 с.
4. Чеклова В.М. Удосконалення процесу забезпечення порожніми вагонами припортового залізничного вузла: дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.22.01 «Транспортні системи» / В.М. Чеклова. – Харків, 2009. – 259 с.

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ СКОРОСТЬЮ ВРАЩЕНИЯ БАРАБАННОГО ОКОМКОВАТЕЛЯ НА ОСНОВЕ МНОГОЗОННОЙ ИМПУЛЬСНОЙ МОДУЛЯЦИИ

Чернецкая И.Е.

Курский юго-западный технический университет (Россия),

Исаев Е.А., Наговский Д.А.

Вуз «Херсонский государственный морской институт» (Украина)

Введение. В настоящее время электропривод широко применяется во всех отраслях промышленности. Статья посвящена проблемам управления электроприводом комкующего барабана при обработке руды.

Актуальность исследований. При обработке руды сырье комкуется в шарики для дальнейшего обжига. Технологический процесс окомкования требует поддержания определенной скорости окомкователя, его угла наклона и т.д. для оптимального соотношения качества готовой продукции производительности. Поэтому управление электроприводом барабанного окомкователя является актуальной задачей.

Постановка задачи. Барабанный окомкователь обладает спецификой работы, заключающейся в следующем. При вращении барабана в оптимальном режиме гранулообразования восходящий и скатывающийся потоки материала примерно равны по объему, что характеризуется оптимальной частотой вращения ω_2 , определенным моментом сопротивления M_{c2} и соответствующим значением жесткости механической характеристики объекта β_B . При отклонении от указанного режима изменение жесткости механической характеристики барабана либо увеличивается, либо уменьшается, что подтверждается и теорией, и практикой производства окатышей. Необходимо синтезировать такую систему управления скоростью вращения окомкователя, чтобы она учитывала вышеуказанные моменты.

Поскольку мы рассматриваем электропривод барабанного окомкователя как двухмассовую систему, то при различных значениях жесткости механических характеристик электропривода и окомкователя ($\beta < \beta_B$) может наступить автоколебательный режим работы оборудования. Особенно это наблюдается при резком изменении производительности по сырью или скорости. Например, при увеличении скорости вращения барабана ω_2 в переходном процессе первоначально объем сыпавшегося материала увеличивается и момент сопротивления вращения M_{c2} уменьшается и т.д.

После завершения переходного процесса при дальнейшем увеличении ω_2 центробежные силы возрастают настолько, что объем сыпавшейся части становится меньше объема восходящего потока. Эти специфические особенности определяются эффектом взаимодействия частиц при гранулообразовании и росте размеров гранул.

Динамическая неустойчивость в двухмассовых системах с изменяющейся механической характеристикой нагрузки рассмотрена, например, в [1].

Выполнен синтез передаточной функции регулятора скорости (РС) для двухмассовой системы с управляемым двигателем постоянного тока независимого возбуждения с различной жесткостью механической характеристики в зоне оптимальной скорости вращения [2].

Соотношение масс механической части электропривода: если механизм обладает большим приводным моментом инерции $J_2 > J_1$, $\gamma > 1$. В этом случае основную нагрузку передач составляет динамическая нагрузка, связанная с ускорением и замедлением масс механизма в переходных процессах.

Структурная схема регулирования скорости электропривода барабанного окомкователя представлена на рис. 1.

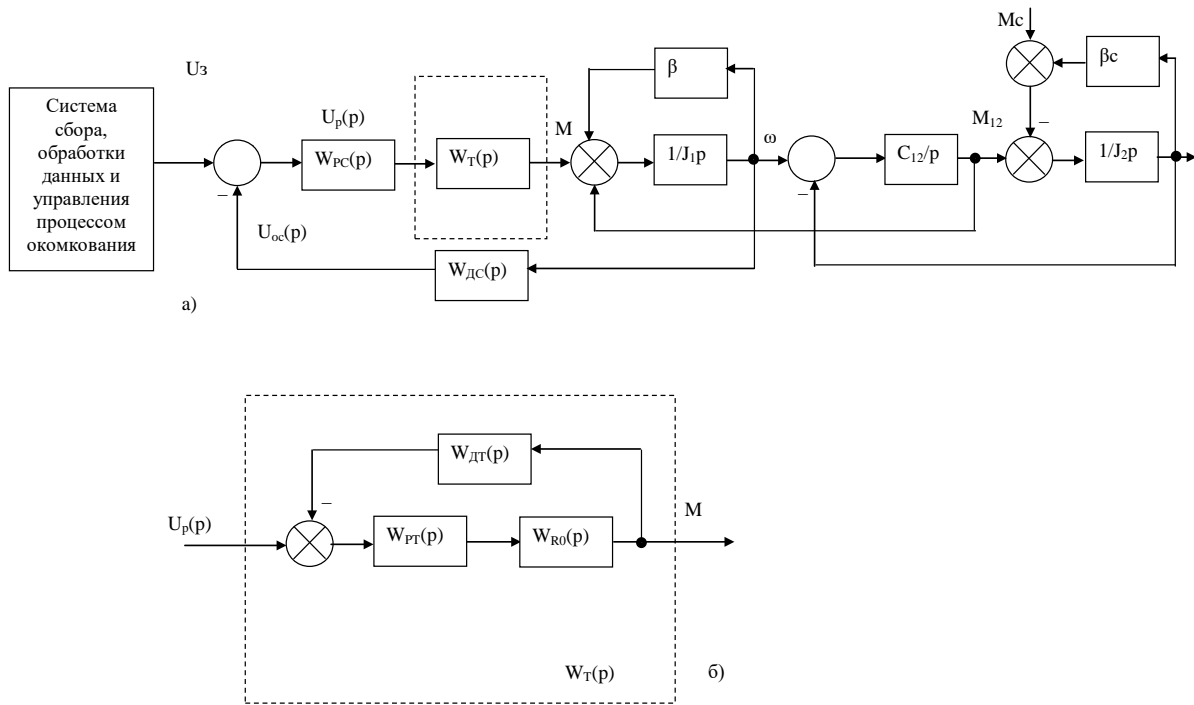


Рисунок 1 – Структурная схема системы регулирования скорости электропривода барабанного окомкователя

Определяем передаточную функцию $W_{PT}(p)$ (рис. 1. б). Т.к.

$$W_{R_0} = \frac{N}{R_0}; \quad W_{PT} = \frac{K_{PT}}{p}; \quad W_{DT} = K_{DT}$$

то передаточная функция прямого участка имеет вид

$$W_{np}(p) = \frac{K_{PT}}{p} \cdot \frac{N}{R_0}$$

Получим

$$W_T(p) = \frac{\frac{K_{PT} \cdot N}{p \cdot R_0}}{1 + \frac{K_{PT} \cdot N}{p \cdot R_0} \cdot K_{DT}} = \frac{K_{PT} \cdot N}{T_T \cdot p + 1} = \frac{K_T}{T_T \cdot p + 1}; \quad (1)$$

где $T_T = \frac{R_0}{K_{PT} \cdot N \cdot K_{DT}}$, c ; K_{PT} – число переключений в секунду с учетом времени

срабатывания компараторов-ключей на резисторах в цепи якоря двигателя.

Передаточная функция двухмассового электромеханического объекта, который является объектом для контура регулирования скорости (при $\beta_B \leq 0$ и $\beta < 0$)

$$W_{ob}(p) = \frac{U_{oc}(p)}{U_p(p)} = \frac{K \cdot \left(\frac{J_1}{C_{12}} p^2 - \frac{|\beta_B|}{C_{12}} + 1 \right)}{(T_T \cdot p + 1) \left(\frac{J_1 J_2}{C_{12} |\beta|} p^3 + \frac{1}{C_{12}} (J_2 - J_1 \frac{|\beta_B|}{|\beta|}) p^2 + \left(\frac{J_1 + J_2}{|\beta|} - \frac{|\beta_B|}{C_{12}} \right) p + \left(1 - \frac{|\beta_B|}{|\beta|} \right) \right)}, \quad (2)$$

где коэффициент усиления объекта

$$K = \frac{T_T \cdot K_{ЭМ} \cdot K_{ДС}}{|\beta|}$$

Используем известные соотношения [2]

$$\gamma = \frac{J_1 + J_2}{J_1}; \Omega_{12}^2 = \frac{C_{12}\xi}{J_2}; T_M = \frac{J_1 + J_2}{|\beta|} \quad (3)$$

Подставив (3) в (2), получим

$$W_{об}(p) = \frac{U_{oc}(p)}{U_p(p)} = \frac{K \cdot \left(\frac{\gamma}{\Omega_{12}^2} p^2 - \frac{|\beta_B|}{C_{12}} + 1 \right)}{(T_T \cdot p + 1) \left(\frac{T_M}{\Omega_{12}^2} p^3 + \frac{\gamma}{\Omega_{12}^2} \left(1 - \frac{|\beta_B|}{|\beta|(\gamma-1)} \right) p^2 + \left(T_M - \frac{|\beta_B|}{C_{12}} \right) p + \left(1 - \frac{|\beta_B|}{|\beta|} \right) \right)}, \quad (4)$$

В связи с тем, что при $|\beta| < |\beta_B|$ $W_{об}(p)$ относится к группе неминимально-фазовых звеньев [3], а поэтому для синтеза РС воспользуемся методом полиномиальных уравнений [4] и представим функцию (4) в виде

$$W_{об}(p) = \frac{P(p)}{Q(p)} = \frac{K_0 P_{k+}(p) P_{n+}(p) P_-(p)}{Q_{k+}(p) Q_{n+}(p) Q_-(p) p^s}, \quad (5)$$

где $P_{k+}(p)$, $Q_{k+}(p)$ – полиномы, имеющие в качестве своих нулей только левые нули и полюсы объекта, компенсируемые при помощи регулятора; $P_{n+}(p)$, $Q_{n+}(p)$ – полиномы, содержащие только левые нули и полюсы объекта, в компенсации которых нет необходимости; $P_-(p)$, $Q_-(p)$ – полиномы, содержащие правые и нейтральные нули и полюсы, за исключением расположенных в точке $p = 0$, компенсация которых неприемлема из-за нарушения условий грубости; $s = 0, 1, 2$ – количество полюсов объекта в точке $p = 0$.

Используя сравнение выражения (5) и выражения (4), определим полиномы выражения (5)

$$\begin{aligned} P_{k+}(p) &= 1 & P_{n+}(p) &= 1 & P_-(p) &= \frac{\gamma}{\Omega_{12}^2} p^2 - \frac{|\beta_B|}{C_{12}} p + 1; \\ Q_{k+}(p) &= T_T \cdot p + 1; & Q_{n+}(p) &= 1 & s &= 0; \\ Q_-(p) &= \frac{T_M}{\Omega_{12}^2} p^3 + \frac{\gamma}{\Omega_{12}^2} \left(1 - \frac{|\beta_B|}{|\beta|(\gamma-1)} \right) p^2 + \left(T_M - \frac{|\beta_B|}{C_{12}} \right) p + \left(1 - \frac{|\beta_B|}{|\beta|} \right) \end{aligned} \quad (6)$$

Передаточную функцию статического регулятора скорости, на основании используемого метода полиномиальных уравнений, представляем в виде

$$W_{PC}(p) = \frac{Q_{k+}(p)M(p)}{K_0 P_{k+}(p)N(p)p^{v-s}}, \quad (7)$$

где $v = 0$ – порядок астатизма замкнутой системы регулирования скорости;

$M(p)$, $N(p)$ – неизвестные полиномы.

$$M(p) = m_i p^i + m_{i-1} p^{i-1} + \dots + m_0; \quad N(p) = n_j p^j + n_{j-1} p^{j-1} + \dots + n_0 \quad (8)$$

Неизвестные полиномы регулятора скорости по выражению (8) определяются в результате решения следующего уравнения синтеза [4]

$$M(p)P_-(p)P_{n+}(p) + N(p)Q_-(p)Q_{n+}(p)p^v = G(p), \quad (9)$$

где $G(p)$ – характеристический полином замкнутой системы, который задается в зависимости от условия обеспечения желаемого характера переходных процессов, в частности, отвечающий одному из известных стандартных распределений или их видоизменениям [5].

Используя выражение передаточной функции объекта (4) и ее принятых составляющих (6), определим степени полиномов (обозначаемые *), входящих в (5)

$$|P| = 2; \quad |P_{k+}| = 0; \quad |P_{n+}| = 0; \quad |P_-| = 2; \quad |Q| = 4; \quad |Q_{k+}| = 1; \quad |Q_{n+}| = 0 \quad |Q_-| = 3; \quad s = 0.$$

Исходя из полученных степеней полиномов, получим полные степени полиномов $M(p)$, $N(p)$ и $G(p)$ при синтезе статической системы

$$i = |Q_-| + |Q_{n+}| + \nu - 1 = 3 + 0 + 0 - 1 = 2; \quad j = |Q_-| - |P_{k+}| - 1 = 4 - 0 - 1 = 3;$$

$$n = i + j + 1 = 6.$$

Используем возможность упростить реализацию и настройку регулятора скорости, обоснованную в [4], путем уменьшения на единицу степени полиномов $M(p)$, $N(p)$ и $G(p)$. Вместе с тем, необходимо отметить, что указанная процедура упрощения исключает свободный выбор эквивалентной малой постоянной времени T_0 замкнутой системы или среднегеометрического корня $\omega_0 = 1/T_0$ характеристического полинома $G(p)$, который оказывается зависимым от параметров двухмассового электромеханического объекта.

Таким образом, с учетом вышесказанного, окончательно определим степени полиномов $|\tilde{M}| = 1; |\tilde{N}| = 2; |\tilde{G}| = 5$ и запишем выражение (9) в следующей развернутой форме

$$(m_1 p + m_0) \left(\frac{\gamma}{\Omega_{12}^2} p^2 - \frac{|\beta_B|}{C_{12}} + 1 \right) + (n_2 p^2 + n_1 p + n_0) \cdot$$

$$\cdot \left(\frac{T_M}{\Omega_{12}^2} p^3 + \frac{\gamma}{\Omega_{12}^2} \left(1 - \frac{|\beta_B|}{|\beta|(\gamma - 1)} \right) p^2 + \left(T_M - \frac{|\beta_B|}{C_{12}} \right) p + \left(1 - \frac{|\beta_B|}{|\beta|} \right) \right) = \quad (10)$$

$$= \alpha_5 T_0^5 p^5 + \alpha_4 T_0^4 p^4 + \alpha_3 T_0^3 p^3 + \alpha_2 T_0^2 p^2 + \alpha_1 T_0 p + \alpha_0,$$

где $\alpha_0 \dots \alpha_5$ – коэффициенты, соответствующие выбранному стандартному распределению. В качестве примера приведем значения указанных коэффициентов для фильтра Баттерворта:

$$\alpha_5 = 1; \quad \alpha_4 = 3.24; \quad \alpha_3 = 5.24; \quad \alpha_2 = 5.24; \quad \alpha_1 = 3.24; \quad \alpha_0 = 1.$$

Раскрывая левую часть выражения (10), представим его в виде слагаемых по мере убывания степени p :

$$n_2 \frac{T_M}{\Omega_{12}^2} p^5 + \left(n_1 \frac{T_M}{\Omega_{12}^2} + n_2 \frac{\gamma}{\Omega_{12}^2} \left(1 - \frac{|\beta_B|}{|\beta|(\gamma - 1)} \right) \right) p^4 +$$

$$+ \left(n_2 \left(T_M - \frac{|\beta_B|}{C_{12}} \right) + n_1 \frac{\gamma}{\Omega_{12}^2} \left(1 - \frac{|\beta_B|}{|\beta|(\gamma - 1)} \right) + n_0 \frac{T_M}{\Omega_{12}^2} + m_1 \frac{\gamma}{\Omega_{12}^2} \right) p^3 + \quad (11)$$

$$+ \left(n_2 \left(1 - \frac{|\beta_B|}{|\beta|} \right) + n_1 \left(T_M - \frac{|\beta_B|}{C_{12}} \right) + n_0 \frac{\gamma}{\Omega_{12}^2} \left(1 - \frac{|\beta_B|}{|\beta|(\gamma - 1)} \right) - m_1 \frac{|\beta_B|}{C_{12}} + m_0 \frac{\gamma}{\Omega_{12}^2} \right) p^2 +$$

$$+ \left(n_1 \left(1 - \frac{|\beta_B|}{|\beta|} \right) + n_0 \left(T_M - \frac{|\beta_B|}{C_{12}} \right) + m_1 - m_0 \frac{|\beta_B|}{C_{12}} \right) p + \left(m_0 + n_0 \left(1 - \frac{|\beta_B|}{|\beta|} \right) \right).$$

Сравнивая выражения (11) и (10) относительно степеней p , получим значения коэффициентов m_{i-1} и n_{j-1} полиномов $M(p)$ и $N(p)$.

$$n_2 = \frac{\alpha_5 \Omega_{12}^2}{\omega_0^5 T_M}, c^2; \quad (12)$$

$$n_1 = \frac{\Omega_{12}^2}{T_M} \left(\frac{\alpha_4}{\omega_0^4} + \frac{\gamma}{\Omega_{12}^2} \left(\frac{|\beta_B|}{|\beta|(\gamma - 1)} - 1 \right) n_2 \right), c; \quad (13)$$

$$n_{01} = \frac{C_{12} \Omega_{12}^2 |\beta|}{T_M C_{12} |\beta|(\gamma - 1) - \gamma |\beta_B^2|}. \quad (14)$$

$$\cdot \left(\frac{\alpha_1 \gamma}{\omega_0 \Omega_{12}^2} - \frac{\alpha_3}{\omega_0^3} + \frac{|\beta_B| \gamma}{|\beta| \Omega_{12}^2} \left(1 - \frac{1}{\gamma - 1} \right) n_1 + \left(T_M - \frac{|\beta_B|}{C_{12}} \right) n_2 \right);$$

$$m_1 = \frac{\Omega_{12}^2}{\gamma} \left(\frac{\alpha_3}{\omega_0^3} - \frac{T_M}{\Omega_{12}^2} n_0 + \frac{\gamma}{\Omega_{12}^2} \left(\frac{|\beta_B|}{|\beta|(\gamma-1)} - 1 \right) n_1 - \left(T_M - \frac{|\beta_B|}{C_{12}} \right) n_2 \right) \quad (15)$$

$$m_0 = 1 + \left(\frac{|\beta_B|}{|\beta|} - 1 \right) n_0. \quad (16)$$

Из сомножителя при p^2 следуют два уравнения, первое из которых определяет неоднозначность коэффициента n_0 , принимающего в данном случае следующее значение

$$n_{02} = \frac{C_{12}(\gamma-1)\gamma\Omega_{12}^2|\beta|}{\Omega_{12}^2 T_M |\beta| |\beta_B| (\gamma-1) + \gamma^2 C_{12} |\beta_B| (\gamma-2)} \cdot \left(\frac{\alpha_2}{\omega_0^2} + \frac{\alpha_3 \Omega_{12}^2 |\beta_B|}{\omega_0^3 \gamma C_{12}} - \frac{\gamma}{\Omega_{12}^2} + \left(\frac{|\beta_B|^2}{|\beta| C_{12} (\gamma-1)} - T_M \right) n_1 - \left(1 - \frac{|\beta_B|}{|\beta|} + \frac{|\beta_B| \Omega_{12}^2}{C_{12} \gamma} \left(T_M - \frac{|\beta_B|}{C_{12}} \right) \right) n_2 \right). \quad (17)$$

Отметим, что задача синтеза регулятора скорости может считаться решенной только при условии равенства $n_{01} = n_{02} = n_0$.

Второе уравнение, следующее из сомножителя p^2 , может быть использовано для определения величины среднегеометрического корня ω_0 синтезируемой статической системы регулирования скорости двухмассового электромеханического объекта. В данном случае при понижении порядка передаточной функции регулятора, его величина оказывается зависимой от параметров объекта. Подставим в сомножитель при p^2 полученные ранее значения $n_2, n_1, n_{01}, m_1, m_0$.

В результате преобразований определяем, что поиск возможных для реализации положительных величин ω_0 должен осуществляться по выражению:

$$\alpha_0 \omega_0^5 + \alpha_1 \frac{A\gamma}{E\Omega_{12}^2} \omega_0^4 - \alpha_2 \frac{1}{E} \omega_0^3 - \alpha_3 \frac{D}{E} \omega_0^2 + \alpha_4 \frac{B}{E} \omega_0 + \alpha_5 \frac{C\Omega_{12}^2}{ET_M} = 0, \quad (18)$$

$$A = \frac{C_{12} \Omega_{12}^2 |\beta_B| (\gamma-2) \gamma}{(\gamma-1)(T_M C_{12} |\beta| (\gamma-1) - \gamma \beta_B^2)}; \quad E = \frac{A |\beta_B| \gamma}{C_{12} \Omega_{12}^2}$$

где

$$D = A + \frac{|\beta_B| \Omega_{12}^2}{C_{12} \gamma}; \quad B = \frac{\Omega_{12}^2}{T_M} \left(T_M + \frac{|\beta_B|}{|\beta| (\gamma-1)} \left(\frac{\gamma A (\gamma-1)}{\Omega_{12}^2} - \frac{|\beta_B|}{C_{12}} \right) \right);$$

$$C = 1 - \frac{|\beta_B|}{|\beta|} + \left(\frac{\Omega_{12}^2 |\beta_B|}{C_{12} \gamma} + A \right) \left(T_M - \frac{|\beta_B|}{C_{12}} \right) + B \frac{\gamma}{\Omega_{12}^2} \left(\frac{|\beta_B|}{|\beta| (\gamma-1)} - 1 \right).$$

Допустим, что уравнение (18) при выбранном распределении по Баттерворту имеет хотя бы одно вещественное положительное решение ω_{0i} , при котором все коэффициенты полиномов $M(p)$ и $N(p)$ принимают положительные значения. Это определяет физическую реализуемость синтезируемого регулятора скорости. Тогда передаточная функция регулятора скорости на основании (7) представляется в виде:

$$W_{pc}(p) = \frac{K_{PC} (T_T p + 1) (T_1 p + 1)}{T_2^2 p^2 + T_3 p + 1} \quad (19)$$

где коэффициенты регулятора

$$K_{PC} = \frac{m_0 |\beta|}{n_0 T_T K_{эм} K_{ДС}}, \quad T_1 = \frac{m_1}{m_0}, \quad T_2^2 = \frac{n_2}{n_0}, \quad T_3 = \frac{n_1}{n_0}.$$

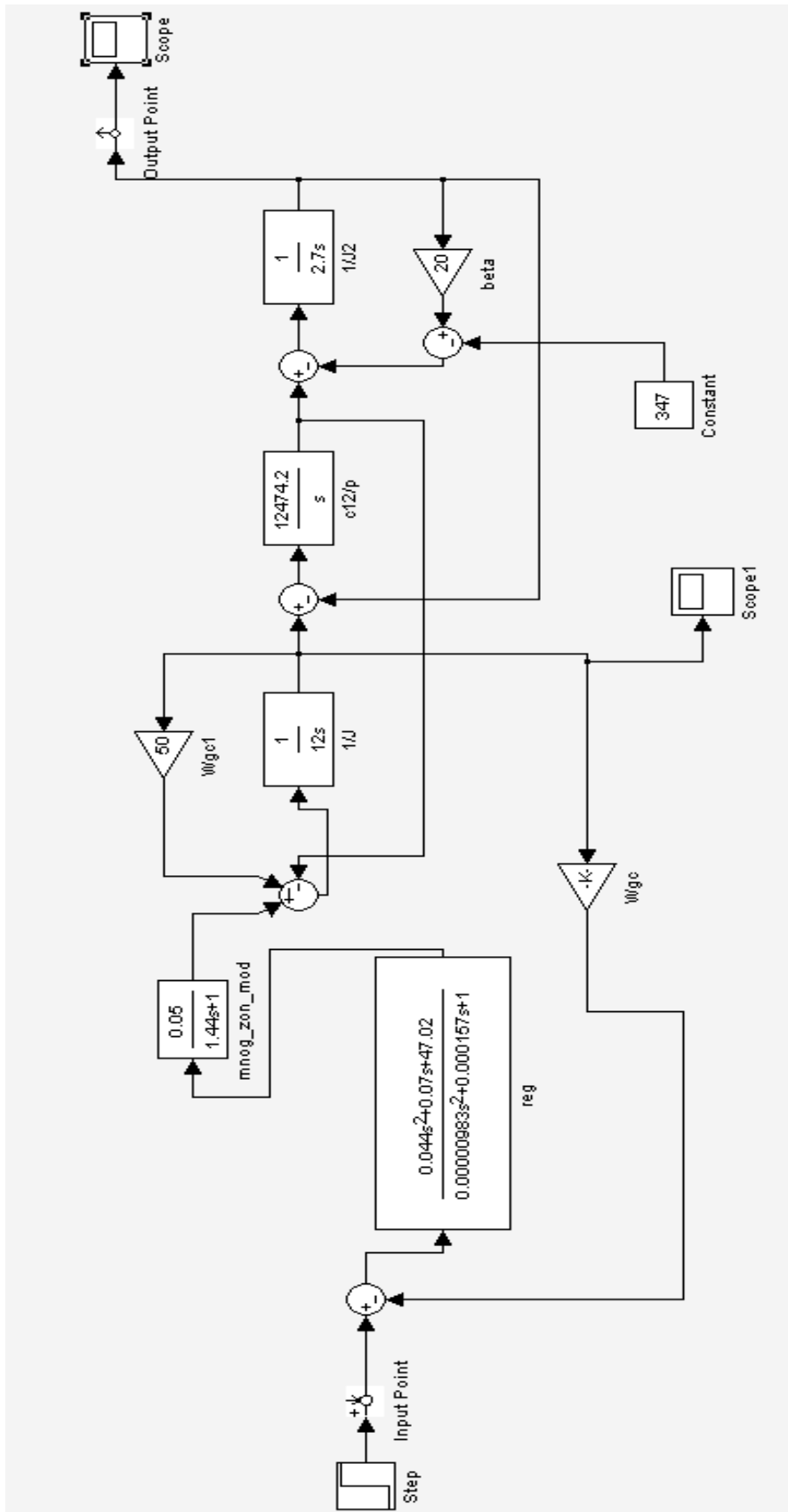


Рисунок 2 – Модель системы управления вращением барабанного котла

Постоянные времени форсирующей и инерционной второго порядка $T_{2,3}^* = \frac{T_3}{2} \pm \sqrt{\frac{T_3^2}{4} - T_2^2}$, что обосновывает возможность разложения полинома знаменателя выражения (19) в случае $T_3 > 2T_2$ на два множителя.

Таким образом, для создания статической системы регулирования скорости исходно неустойчивым двухмассовым электромеханическим объектом в качестве регулятора скорости следует использовать, например, в соответствии (19) ПИД²-регулятор. При этом для уменьшения перерегулирования на входе системы должен быть установлен фильтр с передаточной функцией

$$W_\phi = \frac{K_\phi}{T_\phi p + 1} \quad (20)$$

Результаты исследований. После всех вышеуказанных мероприятий была смоделирована система управления скоростью вращения барабанного окомкователя с использованием многозонного импульсного моделирования в среде Matlab Simulink, представленная на рис. 2, и получены результаты ее работы.

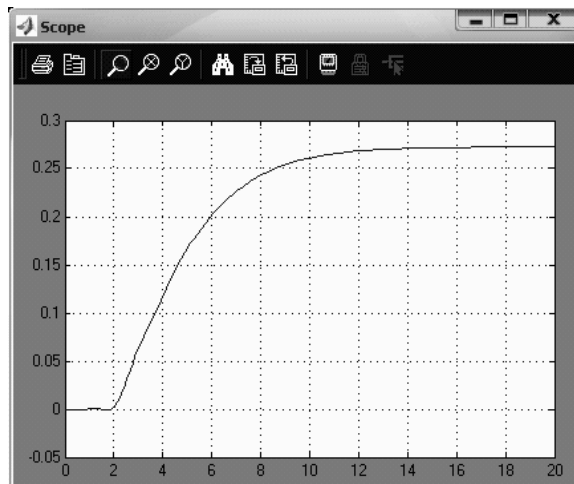


Рисунок 3 – Осциллограмма переходного процесса

Выводы. Была разработана модель системы управления скоростью вращения барабанного окомкователя на основе многозонной импульсной модуляции путем синтеза регулятора скорости вращения, обеспечивающего управление громоздким объектом (более 5 тонн) за сравнительно небольшой промежуток времени (рис. 3). Применение подобной системы повысит качество выхода готовой продукции из окомкователя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Клепиков В.Б., Осичев А.В. Определение границ устойчивости электропривода с отрицательным вязким трением с учетом упругости кинематической цепи // *Электричество*. – 1989. – № 1. – С. 36-41.
2. Ключев В.И. Теория электропривода: Учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1998. – 704 с.: ил.
3. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического регулирования. – М.: Наука, 1972. – 760 с.
4. Залялеев С.Р. О применении метода полиномиальных уравнений для синтеза непрерывных систем электропривода // *Электротехника*. – 1988. – № 2. – С. 48-53.
5. Акимов Л.В., Колотило В.И., Марков В.С. Динамика двухмассовых систем с нетрадиционными регуляторами скорости и наблюдателями состояния. – Харьков: ХГПУ, 2000. – 93 с.

ПЕРСПЕКТИВИ СТВОРЕННЯ ВСЕСЕЗОННИХ ТЕПЛОАКУМУЛЮЮЧИХ ТЕПЛИЦЬ

Шаповалов Ю.О., Коробейнікова Н.В., Гончарова І.І.
Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова
(Миколаїв, Україна)

Вступ. Теплиці – найбільш досконалий вид культиваційних споруд захищеного ґрунту. Істотна відмінність теплиць від інших видів споруд захищеного ґрунту – можливість створення сприятливих умов не тільки для вирощуваних рослин, але і для обслуговуючого персоналу та технологічного обладнання. У результаті в теплицях підвищуються продуктивність праці та культура виробництва, зникає сезонний характер сільськогосподарських робіт. У даний час для покриття парників теплиць використовують скло і різні світлопрозорі плівки (поліетиленова, армована, синтетична полімерна, повітряно-бульбашкова, полікарбонатна). В останні 15 років тепличні господарства України і ближнього зарубіжжя з метою скорочення витрат на обігрів і поточне обслуговування при реконструкції старих і будівництві нових теплиць, натомість скла і плівок, все ширше використовують напівтверді листові пластики: профільований ПВХ Ондекс Біо, стільниковий і профільований полікарбонат, які мають високу світлопроникність, хороші теплоізоляційні властивості, малу питому вагу, гарантований термін служби на теплицях 10 років.

У районах з холодним кліматом і сильними морозами взимку сонячного тепла недостатньо для успішного вирощування в теплиці ніжних рослин. Тому там для підтримки температурного режиму потрібно джерело штучного тепла. Найбільш ефективний спосіб обігріву теплиць – використання електроенергії. Він забезпечує високий коефіцієнт корисної дії, простоту обслуговування, автоматизацію, чистоту мікроклімату без побічних, отруйних для рослин газів. Спалювання природного газу дуже ефективно в установках безпосереднього обігріву продуктами згоряння. Вуглекислий газ і водяна пара, які при цьому виділяються, збагачують атмосферу теплиці. Цей спосіб складає основу застосовуваної практики збагачення атмосфери в промислових теплицях, що сприяє росту рослин. Найдешевший спосіб – обігрів теплиць гарячою водою, нагрітою за рахунок спалювання твердого палива. У сучасних печах, призначених для спалювання вугілля та інших видів твердого палива, передбачено зменшення кількості операцій по їх завантаженню паливом та очищенню від золи.

Актуальність досліджень. Узагалі, всі джерела тепла можна вважати сонячними в тому сенсі, що паливо, хоча і побічно, утворено за рахунок енергії сонця. Тому зроблено численні спроби безпосередньої утилізації сонячної енергії. При цьому виникали дві взаємопов'язані проблеми: уривчастість і сезонна мінливість, а також способи акумуляції тепла. Сонце світить у ту пору року, коли обігрів практично не потрібний. Жодна з систем поки не дозволила вирішити ці проблеми настільки, щоб її можна було рекомендувати як самостійну систему обігріву. На даний момент геліотеплопостачання виступає як дублююче джерело тепла.

Постановка задачі. Якщо взяти до уваги, що на теперішній час існують матеріали для покриття теплиць, які можуть практично задовольнити умовам проникнення та збереження теплоти, і правильно розрахувати і підібрати матеріали для акумулювання сонячного тепла, можливо створення всесезонних теплиць, котрі не будуть використовувати додаткові джерела енергії для обігріву.

Результати досліджень. Приведемо деякі приклади використання акумулювання тепла. Тепле повітря, нагріте за день, за допомогою вентилятора засмоктується по трубопроводу з поверхні даху теплиці вниз. Тепло зберігають камені, укладені під підлогою. У нічний час вентилятор перемикають на роботу в зворотному напрямку.

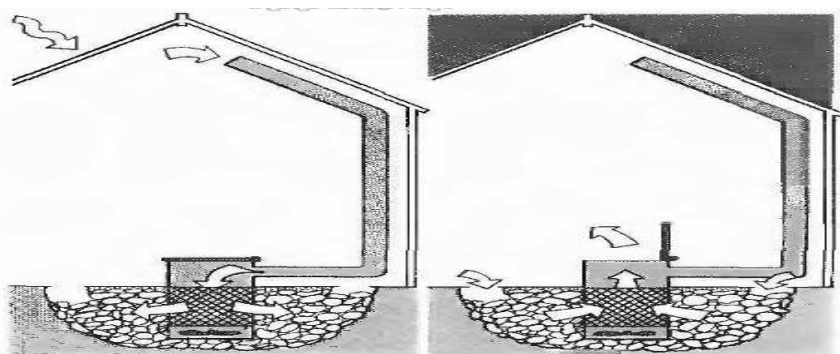


Рисунок 1 – Акумулявання сонячного тепла.

Вода подається догори і протікає по панелях уздовж даху. Сонце нагріває панелі і відповідно воду, яка збирається у резервуар з тепловою ізоляцією. Вночі відкривають заслінки резервуара, і тепло виходить. Сонце через скло нагріває повітря теплиці. Тепле повітря піднімається і надходить до акумуляуючого тепло граніту. Вночі повітря виходить назовні.

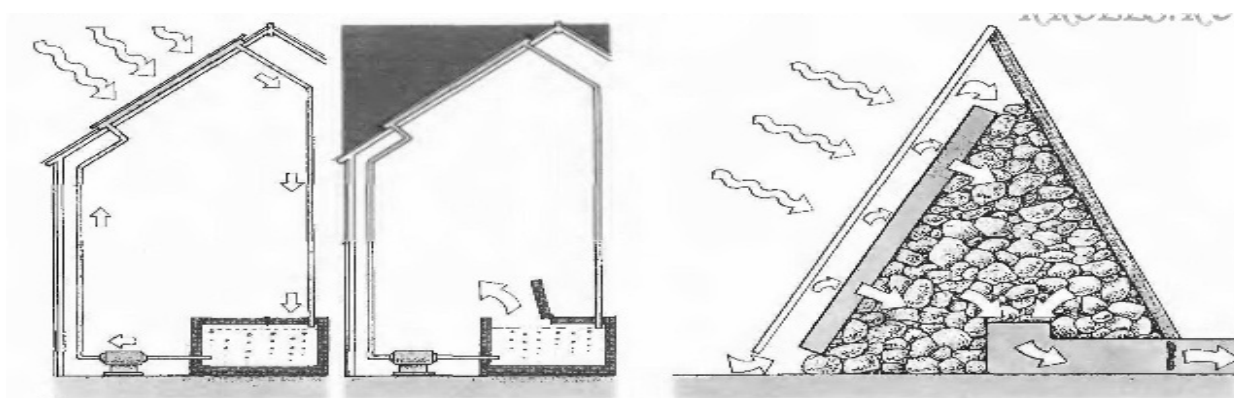


Рисунок 2 – Водяні панелі та сонячна піч.

Приведемо властивості інших теплоакумуючих матеріалів і їх порівняння.

Таблиця 1 – Теплоакумуюча здатність матеріалів.

Характеристика ТАМ	Граніт, галька	Вода	Глауберова сіль	Парафін
Густина, кг/м ³	1600	100	1460	786
Теплоємність, кДж/(кг*К)	0,84	4,2	1,92	2,89
Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м*К)	0,45	0,6	1,85	0,498
Маса ТАМ для акумулявання 1 ГДж теплоти при $\Delta T = 20 K$, кг	59 500	11 900	3300	3750
Відносна маса ТАМ по відношенню до маси води, кг/кг	5	1	0,28	0,32
Об'єм ТАМ для акумулявання 1 ГДж теплоти при $\Delta T = 20 K$, м ³	49,6	11,9	2,26	4,77
Відносний об'єм ТАМ по відношенню до об'єму води, м ³ /м ³	4,2	1	0,19	0,4

Висновки. Ця доповідь є постановочною і має на меті проведення аналізу використання матеріалів для покриття теплиць та матеріалів для акумулявання сонячної енергії. У плани подальшого дослідження входить аналіз можливих схемних рішень теплиць, розрахунки перспективних схем та видача рекомендацій по створенню всесезонних теплоакумуючих теплиць без використання додаткових джерел енергії.

МЕТОДЫ ОПРЕСНЕНИЯ МОРСКОЙ ВОДЫ И ИХ РОЛЬ В СИСТЕМЕ СУДОВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Шевченко В.В., Филипчук А.Н., Филипчук А.А.

Херсонский филиал Национального университета кораблестроения им. адмирала Макарова (Украина)

Вступ. Проблема опреснения морской воды существует на протяжении всей истории флота. Обеспечение морских судов пресной водой для энерготехнических, технологических и хозяйственно-бытовых нужд представляет сложную научно-техническую задачу. От правильного её решения зависит экономика эксплуатации флота, здоровье и комфортность условий обитания экипажа на судах. Хорошо известно, что наиболее распространенные на судах дистилляционные опреснительные установки и утилизационные глубоковакуумные опреснители не всегда удовлетворяют потребности судна в качественном дистилляте с одной стороны, и удорожание подготовки питьевой и мытьевой (технической) воды, с другой стороны, приводят к необходимости создания и использования новых технологий обработки воды, которые позволяют быстро, эффективно и экономически выгодно опреснять океаническую и морскую воду.

Актуальность исследований. Целесообразность опреснения морской воды в судовой практике была детально рассмотрена авторами [1-4], которые дали сравнительный энергетический и экономический анализ с учетом стоимости опреснительных установок, затрат на амортизацию, топливо и ремонт.

Современное судно потребляет большое количество пресной воды для питания паровых котлов, для санитарных и технических надобностей, а также для питья и приготовления пищи. Обеспечение транспортных, пассажирских, промысловых и экспедиционных судов достаточным количеством пресной воды остается пока одной из важнейших проблем для флота.

Необходимость опреснения забортной воды, концентрация растворенных солей в которой может достигать до 35 г/л, обоснована рядом авторов. Учитывая рост тоннажа морских судов и автономность их плавания, потребность в пресной воде с каждым годом возрастает, табл. 1 [1, 2, 5].

Расход воды на бытовые нужды и для питья на современных судах достигает до 150-200 л на одного человека в сутки. В зависимости от района плавания и продолжительности рейсов запасы воды, предназначенной для санитарно-гигиенических нужд, определяются на основании санитарных правил и требований, согласованных странами (из расчета 100 л питьевой и 60 л мытьевой воды) [6].

Фактически же расход воды при достижении номинальной производительности опреснительных установок может быть существенно выше и потребность в мытьевой воде для экипажа можно оценить в 200-250 л/сут. на человека, а на рыбообрабатывающих судах – достигать 180 л на человека в сутки. Столь же значителен на судах ФРП расход пресной воды и на производственно-технологические нужды [1, 5, 6].

Согласно санитарным правилам для морских судов минимально-допустимые нормы водопотребления составляют 20-100 л/сут., в зависимости от категории судна. При действующей норме потребления предельной воды, расходы на ее закупку за границей составляют значительные суммы и прежде всего для судов р/п флота, которые ведут разработку и промысел рыбы в водах мирового океана.

Приведенные данные на расход пресной воды строго учитываются при проектировании систем водоснабжения и водоподготовки с соблюдением санитарных норм для морских судов.

Таблица 1 – Потребность в пресной воде морских судов

№ п/п	Распределение воды	Судовые потребители	Ориентировочный расход воды
1.	Энерготехнические нужды	подпитка котлов	1,5% от производительности котлов для судов с ПТУ и 2% – с ДВС
		подпитка систем охлаждения ДВС	0,07 т/сут на 1000 кВт мощности
		промывка сепараторов топлива и масла	5-10% общего расхода топлива и масла или до 10% в системах подготовки топлива
		вода для приготовления водотопливных и водомазутных эмульсий	10-20% общего расхода топлива ДВС и 20-50% общего расхода топлива ВКУ
2.	Технологические нужды	рыбоперерабатывающие и рыбомучные цеха	3-5 % от массы обрабатываемой продукции
3.	Хозяйственно-бытовые цели	питьевая система	150-250 л/сут. на одного человека
		мытьевая система	

Целью исследований является определение перспективных направлений исследования опреснения морской воды с целью повышения эффективности систем водоснабжения и процессов водоподготовки с перспективой их внедрения на судах морского и рыбопромыслового флота.

Результаты исследований. Одним из путей совершенствования судовых систем водоснабжения и водоподготовки является введение в ее структуру автономного опреснителя, обеспечивающего получение пресной воды из забортной. Так как, во-первых, экономически нецелесообразно запасать пресную воду, стоимость которой дороже опресненной воды; во-вторых, освобождаемые объемы судовых помещений, где хранился запас пресной воды, могут быть использованы более эффективно; в-третьих, опреснение морской воды в судовых условиях не нарушает экологии водной акватории.

Среди известных методов деминерализации соленых растворов, в судовой практике преимущественно применяется метод дистилляции, который основан на извлечении воды из раствора с последующим фазовым переходом в парообразное состояние.

В соответствии с ГОСТ 5-5165-74, отечественные опреснительные вентиляционные установки для судов подразделяются на следующие типы: Д – утилизационные; П – паровые батарейные и М – паровые мгновенного вскипания.

Анализ выполненных расчетов [7, 8] показывает, что на судах с дизельной установкой целесообразно применять глубоковакуумные однокорпусные опреснители, с расходом дистиллята 20-30 т/сут., а на паротурбинных судах – многокорпусные адиабатные установки производительностью 50-200 т/сут.

Применение на судах более совершенных многоступенчатых адиабатных установок, а также использование низкопотенциальной (бросовой) энергии значительно повышает экономичность дистилляционных опреснительных установок. Однако, разработка и внедрение метода дистилляции в судовой практике связаны со следующими трудностями: большая энергоемкость; интенсивное образование накипи; сложность создания вакуума в глубоковакуумных опреснителях; необходимость непосредственной привязки к судовой энергетической установке; загрязнение дистиллята в результате коррозионного взаимодействия с основным железом до 1500 мг/кг и медью до 300 мг/кг при соответствующих нормах до 10 мг/кг и 5 мг/кг в системе подпитки парогенераторов [7, 8]. Кроме того, для хозяйственно-бытовых нужд на судне требуется минерализация

дистиллята, которая должна отвечать требованиям ГОСТов, европейским нормам качества и международным стандартам на питьевую воду.

Указанные недостатки снижают эффективность судовых утилизационных опреснительных установок и усложняют схему опреснения, поэтому изложенные соображения заставляют разработчиков исследовать более перспективные методы опреснения, такие как метод вымораживания и газогидратный способ получения пресной воды [3]. Недостаток их состоит в трудности получения дистиллята необходимого качества, большие весо-габаритные показатели и сложность аппаратного оформления. Поэтому данные методы опреснения не нашли практического применения на судах, так же как химические методы опреснения и прежде всего ионный обмен.

В последние 10-15 лет в стационарных системах водоснабжения широкое применение находят мембранные технологии обработки воды, которые позволяют при подготовке питьевой воды надежно очищать исходную воду от примесей, вызывающих болезни, при обработке сточных вод получать воду, пригодную для повторного использования в промышленных целях. Кроме того, с помощью мембран можно достаточно эффективно удалять соли из морской воды (т.е. произвести обессоливание воды), что открывает огромные перспективы в получении питьевой и мытьевой воды практически из неисчерпаемого источника.

Переход на мембранную технологию обусловлен следующими факторами:

- значительное повышение качества очистки воды при предварительной обработке воды,
- исключение применения больших объемов химикатов, требуемых при ионообменной обработке воды,
- высокая технологичность процессов обработки, контроля и управления на всех стадиях обработки воды.

В связи с чем в периодической печати появляется все больше сообщений о практическом применении обратноосмотических опреснительных установок (ООУ) на морских судах и в стационарной практике. Отмечается, что ООУ успешно конкурируют с традиционными дистилляционными опреснителями, завоевывая все новые области использования [9]. Малая удельная энергоемкость и экологическая безопасность процесса опреснения, компактность, принципиальная простота конструкции и другие преимущества ООУ постоянно привлекают внимание потребителей и обуславливают перспективность опреснителей нового типа.

Важнейшими факторами процесса обратноосмотического опреснения, являются: рабочее давление, соленость и температура морской воды, продолжительность работы (наработка) рулонными опреснительными элементами (ЭРО), количество ступеней опреснения, расход морской воды, качество предварительной очистки морской воды, качество регенерации ЭРО, перерывы в работе ООУ. Влияние перечисленных факторов на ООУ, до сих пор остается предметом исследований и в каждом конкретном случае требует детальной проработки. Так согласно [9], из сравнения испытанного экспериментального образца ООУ с зарубежным аналогом (установкой RO 1,5 производства английской фирмы «Кайрд энд Райнер-Бравак Лимитед») и дистилляционной опреснительной установкой марки Д1М следует, что разработанная ООУ по энергетическим, массогабаритным и эксплуатационным параметрам примерно соответствует зарубежному аналогу, однако существенно уступает ему по качеству опресненной воды. Последний параметр целиком определяется качеством полупроницаемых мембран. По сравнению же с дистилляционным опреснителем по энергетическим, массогабаритным и эксплуатационным показателям преимущества обратноосмотических опреснителей очевидны. Что касается солесодержания опресненной воды, то дистилляционный метод показал в десятки и сотни раз более глубокое опреснение, чем метод обратного осмоса.

Пермеат, полученный в ООУ при одноступенчатом опреснении, имел сравнительно высокое (3-5 г/л) солесодержание и непригоден для непосредственного использования ни для технических, ни для бытовых нужд. Для снижения солёности пермеата предлагается: – подвергать пермеат повторному опреснению в этой же самой ООУ и доводить его солёность до приемлемого уровня (300-500 мг/л), т. е. организовывать двухступенчатое опреснение; – пермеат с солёностью 3-5 г/л разбавлять дистиллятом, полученным от штатной судовой дистилляционной установки, т. е. готовить дистиллятно-пермеатную смесь. Второе было опробовано на судне «Академик Алексей Крылов» при этом солёность дистиллята повышалась с 2-3 до 170-200 мг/л, рН составляло 7,5-8,1, мутность и цветность оставались неизменными, содержание токсичных микроэлементов – бора и брома – не превышало предельно допустимых концентраций (для бора – 0,5 мг/л, для брома – 0,2 мг/л) [9].

По оценке специалистов [1-5], среди мембранных методов обессоливания заслуживает внимания метод электрохимического опреснения (электродиализ), т.к. процесс обессоливания не связан с изменением агрегатного состояния воды. Преимущество такого метода перед другими заключается в интенсификации процесса переноса за счет электрического тока. Однако, этот метод имеет свои ограничения. Они обусловлены существованием предельной плотности тока [4]. Хотя физика этого явления окончательно не установлена, но превышение предельных плотностей тока связано с появлением ряда отрицательных факторов и прежде всего при опреснении морской воды [4].

Необходимо отметить универсальность данного метода опреснения, электродиализные опреснители можно с успехом использовать в составе СЭУ в качестве минерализаторов для приготовления воды питьевого качества из дистиллята [10]. Имеются теоретические и экспериментальные предпосылки об экономической целесообразности электродиализного метода опреснения для получения технической воды до остаточного солесодержания порядка 0,01 мг/л (по хлор-иону), что может найти практическое применение в системе подпитки судовых котлов.

Другая положительная особенность электродиализных опреснителей (ЭДО) состоит в том, что они не требуют привязки к тепловой схеме из-за отсутствия подвода теплотрас, поэтому они могут быть установлены в любом месте МО судна.

В настоящее время промышленностью освоен выпуск ионообменных мембран и полимерных материалов с хорошими физико-техническими характеристиками, разработаны надежные и компактные источники питания на базе полупроводниковых приборов, исследуются и внедряются перспективные методы интенсификации электродиализных процессов. Это позволит повысить эффективность ЭДО, которые смогут успешно конкурировать с дистилляционными опреснительными установками в тех случаях, когда затруднена или практически невозможна утилизация теплоты главного судового двигателя. Например, на судах рыбопромыслового флота, где порядка 75-80 % эксплуатационного времени главный двигатель работает на частичных режимах, на судах с газотурбинной установкой и на судах специального назначения [4].

Перспективными для морских судов являются и комбинированные системы водоподготовки, включающие в себя как традиционные узлы дистилляционных опреснителей, так и ионообменные фильтры или мембранные обессоливающие установки (МОУ) – обратноосмотические или электродиализные модули. Применение таких систем в стационарной энергетике позволило значительно понизить содержание солей в исходной воде уже на первой ступени обессоливания в МОУ перед испарителями или ионообменными фильтрами. Такие упрощенные схемы опреснения морской воды применимы и для судовых систем водоподготовки, если требования к качеству теплоносителя не очень высокие (для котлов с давлением пара до 9,0 МПа). Преимуществами схем являются малые энергетические затраты на опреснение,

минимальное количество фильтров при достаточной производительности и пониженный расход реагентов на обработку воды.

Вывод. Таким образом, для преодоления экономических и технологических проблем в отношении систем водоснабжения и процессов водоподготовки на судах морского и рыбопромыслового флота целесообразно более целенаправленно применять аппараты, действие которых основано на принципе мембранной технологии обессоливания воды.

В технологических процессах водоподготовки на морских судах в качестве первой ступени обработки воды для снижения нагрузки на дистилляционные ОУ применять мембранные обессоливающие установки. Этим достигается снижение расхода реагентов, материалов и затрат на собственные нужды. Это позволяет значительно повысить качество вторичного пара за испарителями и удельную выработку дистиллята.

При выборе схемного решения при модернизации систем водоснабжения следует учитывать улучшение технико-экономических показателей путем сокращения эксплуатационных затрат при использовании мембранных технологий, уменьшения издержек на обслуживание установок водоподготовки при автоматизации технологического процесса.

Электродиализные опреснители необходимо, в первую очередь, внедрять на тех морских судах рыбопромыслового флота, которые находятся в длительном автономном плавании и не имеют опреснительной установки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Артемов Г.А., Горбов В.М. Суднові енергетичні установки. – Миколаїв: УДМТУ, 2002. – 356 с.
3. Судовые энергетические установки / Артемов Г.А., Волошин В.П., Захаров Ю.В., Шквар А.Я. – Л.: Судостроение, 1987. – 480 с.
4. Слесаренко В.Н. Опреснение морской воды. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 278 с.
5. Шевченко В.В., Филипчук А.Н., Покорный В.В. Анализ и оценка целесообразности внедрения мембранной технологии в судовой энергетике. Судовые энергетические установки: научно-технический сборник. Вып. 16. – Одесса: ОНМА, 2006. – С. 24 – 31.
6. Системы судовых энергетических установок / Г.А. Артемов, В.П. Волошин, А.Я. Шквар, В.П. Шостак: Учебное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Судостроение, 1990. – 376 с.
7. Колесников О.Г. Судовые вспомогательные механизмы и системы (Устройство и эксплуатация): Учебник для училищ морского транспорта. Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1977. – 464 с.
8. Ермилов В.Г. Теплообменные аппараты и конденсационные установки. – Л.: Судостроение, 1974, – 222 с.
9. Коваленко В.Ф., Лукин Г.Я., Рогалев Б.М. Водоопреснительные установки морских судов. – М.: Транспорт, 1964. – 303 с.
10. Веселов Ю.С. Судовые испытания обратноосмотической опреснительной установки. // Судостроение. – №11. – 1991. – С. 11-14.
11. Гимпель Р.М., Чхеидзе Н.В., Балавадзе Е.М., Цейтлин И.М. Совершенствование судовой системы автономного питьевого водоснабжения // Зб. наук. праць НУК. – Миколаїв, 2005. – № 4 (403). – С. 106-112.

ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК

- Абдулаев А.А., 186
Александрова Н.Г., 211
Андреев А.А., 75
Аржаев Г.О., 166
- Бабенко Е.П., 272
Бабій М.В., 155
Баранов А.Н., 76
Баранова А.А., 76
Басов М.В., 217
Батлук В.А., 217, 222, 227
Батлук В.В., 227
Бень А.П., 37, 89, 94
Білоусов К.І., 4
Богатчук І.М., 96
Богатчук Л.О., 96
Богатчук М.І., 96
Богданов А.В., 89, 94
Боровков Е.И., 262
Будкіна О.Л., 130
Букетов А.В., 81, 129, 130, 209
- Вершинин Д.В., 104
Вирич В.В., 158
Волинський О.А., 134
Воробьев Ю.М., 186
Выхристюк П.Н., 20
- Гаева Л.І., 120
Гальчинський Л.Ю., 112
Гарматюк Р.Т., 129
Гнатов А.В., 232
Голотенко О.С., 129
Голотенко С.М., 129
Гончаренко А.В. 114
Гончарова І.І., 316
Горбатюк Є.В., 147, 170
Горбов В.М., 240, 242
Груздев В.В., 165
- Дем'янчук Ю.В., 39
Демиденко Н.П., 41
Дмитренко В.С., 120
Добротвор І.Г., 200
Дюдяева О.А., 264
- Ениватов В.В., 300
- Жусубалиев Ж.Т., 245
- Заболотний О.В., 194
Землянский А.В., 43, 48
- Исаев Е.А., 245, 309
Івченко В.В., 81
Ігнатенко С.В., 61
Ільницька С.І., 34
Іщенко І.М., 6
- Казак В.М., 127
Казаренко В.Н., 20
Кальба Є.М., 129
Каминская Н.Г., 52
Кашицкий В.П., 130
Кирилович В.А., 132
Клименко В.В., 134, 139
Кобельник В.Р., 145
Колибаб'юк П.П., 209
Коновалов Д.В., 75
Коновалов М.Ю., 75, 94
Коренной С.Н., 48
Коробейнікова Н.В., 316
Коробко В.В., 143
Корпач А.О., 250
Кошелик Л.А., 37
Кравцова Л.В., 52
Кривий П.Д., 145
Кривошеков В.Е., 55
Кузьмин Ю.Л., 20
- Лазейкін Є.Г., 250
Лейбович Л.И., 252
Леонов В.Е., 257, 277
Лисак С.І., 195
Ловейкін В.С., 147
Лошкарев А.Г., 257
- Мазур Т.А., 127
Макарчук В.Г., 222
Максимов В.І., 75
Мальгин Б.В., 94, 262, 264
Мартинюк О.М., 266
Масляк Б.О., 200
Минаева Г.Н., 211
Мітєнкова В.С., 240, 242
Міщук Д.О., 147
Мороз К.М., 200
- Наговский Д.А., 245, 309
Настасенко В.А. 155, 158, 287
Негри В.В., 120
Нефедов И.А., 163
Нефедов Л.И., 272
Новачук Л.В., 127
Носовський А.М., 11
- Одерий И.Ю., 15
Остроумов І.В., 59

- Павличенко А.В., 292
Павліченко Є.С., 240
Параняк Н.М., 227
Пелевін Л.Є., 166, 170
Перепелица Ю.В., 272
Підтиченко О.В., 132
Плахтеєв А.П., 15
Проскуріна І.В., 222
Проценко В.О., 180, 182
Процюк Б.Д., 96
Пуляєва А.В., 52
- Редько О.І., 208
Редько Р.Г., 130
Решняк В.И., 277
Роман Е.Г., 281, 287
Романцов Е.В., 217
Румянцев А.Ю., 184
Рыбалко Р.И., 76
Рябинин Л.И., 262
- Савчук П.П., 130
Салтовський Б.Г., 166
Свиридов В.И., 89, 186
Селін Ю.М., 294
Семенов В.Г., 191
Сичук В.А., 194
Скрипніков О.І., 134, 139
Слободчиков В.В., 166
Слюсаренко К.В., 242
Смотров Е.А., 104
Соколова Н.А., 304
Сорівка І.Т., 200
Сорока М.Ю., 43
Степкова В.В., 61, 211
Стогний Г.В., 20
Сторожев В.П., 165
Стухляк П.Д., 81, 200, 208
Сукач М.К., 195
Сусленко А.Ю., 104
Сухочев И.П., 66
- Талімонова О.В., 112
Таран І.О., 292
Терлыч С.В., 70
Товстокорый О.Н., 27
Трембач Р.Б., 81
- Федик І.М., 120
Федоровский К.Ю., 300
Федорюк Д.П., 4
Фель А.М., 104
Филипшук А.А., 318
Филипшук А.Н., 318
- Харченко В.П., 34, 68
Ходаков В.Е., 304
- Хойна С.И., 94
Хомяк В.А., 184
- Чеклов В.Ф., 307
Черненко В.В., 6
Чернецкая И.Е., 245, 309
Чинченко Ю.В., 68
Чихіра І.В., 81
- Шаповалов Ю.О., 316
Шевченко В.В., 318
Шеховцов О.І., 307
- Щедролосев А.В., 70
- Ярема І.Т., 209

ЗМІСТ

Секція 4: Інтегровані комплекси транспортних засобів

РЕКОНСТРУКЦІЯ ІСНУЮЧОГО ЗАЛІЗНИЧНОГО ВОКЗАЛУ СТАНЦІЇ ДОНЕЦЬК У РАМКАХ ПРОВЕДЕННЯ ЄВРО-2012	4
Білоусов К.І., Федорюк Д.П. Донецький інститут залізничного транспорту (Україна)	
ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИЙ ПРОПУЛЬСІВНИЙ КОМПЛЕКС З БЕЗЩІТКОВОЮ СИНХРОННОЮ МАШИНОЮ	6
Іщенко І.М., Черненко В.В. ВНЗ «Херсонський державний морський інститут» (Україна)	
КОНЦЕПЦІЯ ОРГАНІЗАЦІЙНОЇ БУДОВИ ПРОГРЕСІВНИХ СКЛАДНИХ ДИНАМІЧНИХ СИСТЕМ	11
Носовський А.М. Київська державна академія водного транспорту ім. гетьмана Петра Конашевича-Сагайдачного (Україна)	
ПОСТРОЕНИЕ ИНТЕЛЕКТУАЛЬНЫХ ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ ПРОМЫШЛЕННОГО КОНТРОЛЛЕРА ADAM-5510	15
Плахтеев А.П., Одерий И.Ю. Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет (Украина)	
ПРОБЛЕМЫ, СДЕРЖИВАЮЩИЕ ШИРОКОЕ ВНЕДРЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ЗАЩИТЫ ПОДВОДНОЙ ЧАСТИ КОРАБЛЕЙ И СУДОВ ОТ КОРРОЗИИ	20
Стогний Г.В., Кузьмин Ю.Л., Выхристюк П.Н., Казаренко В.Н. Академия ВМС Украины им. П.С. Нахимова (Севастополь, Украина)	
КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ДИНАМИКИ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ БОЛЬШОГО ПАРУСНОГО СУДНА	27
Товстокорый О.Н. Одесская национальная морская академия (Украина)	
СВІТОВІ ТЕНДЕНЦІЇ СТВОРЕННЯ МАЛОГАБАРИТНИХ ІНТЕГРОВАНІХ НАВІГАЦІЙНИХ СИСТЕМ	34
Харченко В.П., Ільницька С.І. Національний авіаційний університет (Київ, Україна)	
<i>Секція 5: Тренажерні системи та людський фактор на транспорті</i>	
РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ «ВЛИЯНИЕ УРОВНЯ АВТОМАТИЗАЦИИ НА БЕЗОПАСНОСТЬ УПРАВЛЕНИЯ СУДНОМ» В УЧЕБНОМ КУРСЕ «МЕНЕДЖМЕНТ МОРСКИХ РЕСУРСОВ»	37
Бень А.П., Кошелик Л.А. Вуз «Херсонский государственный морской институт» (Украина)	
ЗАРУБІЖНИЙ ДОСВІД ПРАВОВОГО РЕГУЛЮВАННЯ ДІЯЛЬНОСТІ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ	39
Дем'янчук Ю.В. Національний університет державної податкової служби України (Ірпінь, Україна)	

МІЖНАРОДНЕ СПІВРОБІТНИЦТВО В ГАЛУЗІ ВИКЛАДАННЯ «МОРСЬКОЇ» АНГЛІЙСЬКОЇ МОВИ ЯК ФАКТОР ПОБУДОВИ НАЦІОНАЛЬНИХ СТАНДАРТИВ	41
Демиденко Н.П. Київська державна академія водного транспорту ім. гетьмана Петра Конашевича- Сагайдачного (Україна)	
СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБУЧЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКОМУ УПРАВЛЕНИЮ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ	43
Землянский А.В., Сорока М.Ю. Государственная летная академия (Кировоград, Украина)	
РЕАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛИ ПРОХОЖДЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ФРОНТА НА ТРЕНАЖЕРНОМ МОДЕЛИРУЮЩЕМ КОМПЛЕКСЕ RADAR-PRO	48
Коренной С.Н., Землянский А.В. Государственная летная академия (Кировоград, Украина)	
ОСОБЕННОСТИ МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДИСТАНЦИОННЫХ КУРСОВ ОБУЧЕНИЯ В ХЕРСОНСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ МОРСКОМ ИНСТИТУТЕ	52
Кравцова Л.В., Каминская Н.Г., Пуляева А.В. Вуз «Херсонский государственный морской институт» (Украина)	
АКТУАЛЬНОЕ НАУЧНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ И НОВАЯ УЧЕБНАЯ ДИСЦИПЛИНА В МОРСКИХ ВУЗАХ УКРАИНЫ – МЕНЕДЖМЕНТ ЧЕЛОВЕЧЕСКИХ РЕСУРСОВ	55
Кривошеков В.Е. Одесский учебно-исследовательский центр «Надежность в судоходстве» Всеукраинской ассоциации «Надежность» (Украина)	
ВИКОРИСТАННЯ МУЛЬТИМЕДІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ПОБУДОВІ ЕЛЕКТРОННИХ ТРЕНАЖЕРНИХ КОМПЛЕКСІВ	59
Остроумов І.В. Національний авіаційний університет (Київ, Україна)	
ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ ВИРОБНИЧИХ ЛАНОК ЛОГІСТИЧНОЇ СИСТЕМИ МОРСЬКОГО ТОРГОВОГО ПОРТУ	61
Степкова В.В. ВНЗ «Херсонський державний морський інститут» (Україна), Ігнатенко С.В. Херсонський морський торговий порт (Україна)	
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ И РЕМОНТА СЭУ	66
Сухочев И.П. Вуз «Херсонский государственный морской институт» (Украина)	
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ПОЛЬОТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ МУЛЬТИМЕДІЙНИХ ЗАСОБІВ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ АВІАДИСПЕТЧЕРІВ	68
Харченко В.П., Чинченко Ю.В. Національний авіаційний університет (Київ, Україна)	

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ ОБИТАЕМОСТИ НА ПЛАВУЧИХ ДОКАХ 70

Щедролосев А.В., Терлыч С.В.

Херсонский филиал Национального университета кораблестроения им. адмирала Макарова (Украина)

Секція 6: Проблеми надійності та енергозбереження

АКТУАЛЬНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДА МАГНІТНОЇ ОБРОБКИ ПАЛИВА В СУДНОВИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВКАХ 75

Андреев А.А., Максимов В.І., Коновалов Д.В.

Херсонська філія Національного університету кораблебудування ім. адмірала Макарова (Україна)

РЕСУРСО- И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ – КАК ОСНОВНОЙ КРИТЕРИЙ ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ ВОЗДУШНЫХ СЕПАРАТОРОВ 76

Баранов А.Н.

Национальный университет гражданской защиты (Харьков, Украина),

Рыбалко Р.И.

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры (Макеевка, Украина),

Баранова А.А.

Харьковская национальная академия городского хозяйства (Украина)

АВТОМАТИЗОВАНА УСТАНОВКА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЕПОКСИКОМПОЗИТНИХ ПОКРИТТІВ ПРИ ЗГІНАННІ 81

Букетов А.В., Івченко В.В.

ВНЗ «Херсонський державний морський інститут» (Україна),

Стухляк П.Д., Чихіра І.В.

Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя (Україна),

Трембач Р.Б.

Тернопільський національний економічний університет (Україна)

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ КОМПЛЕКСНОГО ПАРАМЕТРА КАЧЕСТВА СУДОВОГО ДИЗЕЛЯ ОТ ЕГО ТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ 89

Богданов А.В.

Херсонский филиал Европейского университета (Украина),

Бень А.П., Свиридов В.И.

Вуз «Херсонский государственный морской институт» (Украина)

ИССЛЕДОВАНИЕ ОТРИЦАТЕЛЬНОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ N-ТИПА НА ОБРАТНОЙ ВАХ ВАРИКАПОВ 94

Богданов А.В., Малыгин Б.В., Коновалов М.Ю., Бень А.П.

Вуз «Херсонский государственный морской институт» (Украина),

Хойна С.И.

ДП «Дніпро-напівпровідники» ВАТ «Компанія «Дніпро»» (Херсон, Україна)

- ВПЛИВ ЯКОСТІ ЖИВИЛЬНОЇ ВОДИ ПАРОГЕНЕРАТОРНИХ
УСТАНОВОК НАФТОГАЗОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ТРАНСПОРТУ
НА ВИТРАТИ ПАЛИВА** **96**
Богатчук І.М.
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу (Україна),
Процюк Б.Д., Богатчук М.І.
Центр нормативно-економічних досліджень ПАТ «Укрнафта» (Івано-Франківськ,
Україна),
Богатчук Л.О.
Івано-Франківська експедиція з геофізичних досліджень у свердловинах
ДГП «Укргеофізика» (Україна)
- ЭНЕРГОНАКОПИТЕЛЬНАЯ РЕКУПЕРАЦИОННАЯ СИСТЕМА
ДЛЯ ГОРОДСКОГО ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА НА БАЗЕ
СУПЕРКОНДЕНСАТОРОВ С СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЕЙ** **104**
Вершинин Д.В., Смотров Е.А., Сусленко А.Ю., Фель А.М.
ГП ОЦТО «Станкосерт» (Одесса, Украина)
- КОНСТРУКТИВНА ЕВРИСТИКА ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЇ ЗАДАЧІ
РОЗПОДІЛУ ЗАПАСІВ** **112**
Гальчинський Л.Ю., Талімонова О.В.
Національний технічний університет України «КПІ» (Київ, Україна)
- SUBJECTIVE PREFERENCES FOR OPTIMAL ECONOMY CONTINUOUS
RATING OF MAK 9M453C** **114**
Goncharenko A.V.
Kherson State Maritime Institute (Ukraine)
- ДОСЛІДЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ ГАЗОВОГО КОНДЕНСАТУ
В БЕНЗИНОВИХ ДВИГУНАХ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ** **120**
Дмитренко В.С., Гаєва Л.І., Негри В.В., Федик І.М.
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу (Україна)
- УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯМ АЕРОДРОМНОГО
СВІТЛОСИГНАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ АЕРОПОРТУ В УМОВАХ
НЕВИЗНАЧЕНОСТІ** **127**
Казак В.М., Мазур Т.А., Новачук Л.В.
Національний авіаційний університет (Київ, Україна)
- РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОПРОВІДНИХ ПОКРИТТІВ НА ОСНОВІ
ЕПОКСИДНОЇ МАТРИЦІ ТА ПОЛІДИСПЕРСНИХ ВУГЛЕЦЕВИХ
НАПОВНЮВАЧІВ** **129**
Кальба Є.М., Голотенко С.М., Гарматюк Р.Т.
Тернопільський національний педагогічний університет ім. Володимира Гнатюка
(Україна),
Голотенко О.С.
Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя (Україна),
Букетов А.В.
ВНЗ «Херсонський державний морський інститут» (Україна)

- ОСОБЛИВОСТІ ВИНИКНЕННЯ ЕФЕКТУ ВИБІРКОВОГО ПЕРЕНЕСЕННЯ В ЕПОКСИКОМПОЗИТАХ** 130
Кашицький В.П., Савчук П.П., Будкіна О.Л., Редько Р.Г.
Луцький національний технічний університет (Україна),
Букетов А.В.
ВНЗ «Херсонський державний морський інститут» (Україна)
- АВТОМАТИЗОВАНЕ ФОРМУВАННЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ВІДПРАЦЮВАННЯ МАРШРУТІВ ОБСЛУГОВУВАННЯ РОБОЧИХ ПОЗИЦІЙ МЕХАНООБРОБНИХ ГВК** 132
Кирилович В.А., Підтиченко О.В.
Житомирський державний технологічний університет (Україна)
- ВИБІР ПАРАМЕТРІВ КІНЕМАТИЧНОГО МЕХАНІЗМУ РОТОРНО-ПОРШНЕВОГО ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ** 134
Клименко В.В., Скрипніков О.І., Волинський О.А.
ВНЗ «Херсонський державний морський інститут» (Україна)
- АЛГОРИТМ ДИНАМІКИ КІНЕМАТИЧНОГО МЕХАНІЗМУ ПРИВОДА ПОРШНІВ РОТОРНО-ПОРШНЕВОГО ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ** 139
Клименко В.В., Скрипніков О.І.
ВНЗ «Херсонський державний морський інститут» (Україна)
- ТЕРМОАКУСТИЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННІ, СУЧАСНИЙ СТАН ТА ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ** 143
Коробко В.В.
Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова (Миколаїв, Україна)
- ДОСЛІДНІ ЗРАЗКИ І МЕТОДИКИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ДЕЯКИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ РІЗАННЯ ПРИ СВЕРДЛІННІ** 145
Кривий П.Д., Кобельник В.Р.
Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя (Україна)
- СИНТЕЗ ФІЗИЧНОЇ МОДЕЛІ КРАНА-МАНІПУЛЯТОРА З ГІДРОПРИВОДОМ НА ТРАНСПОРТНОМУ ЗАСОБІ** 147
Ловейкін В.С.
Національний університет біоресурсів та природокористування (Київ, Україна)
Горбатюк Є.В., Міщук Д.О.
Київський національний університет будівництва і архітектури (Україна)
- МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ РОЗВИТКУ НАПРУГ У ГОЛОВЦІ КОРПУСУ ВІДРІЗНОГО РІЗЦЯ З БОКОВОЮ СХЕМОЮ РІЗАННЯ** 155
Настасенко В.О., Бабій М.В.
ВНЗ «Херсонський державний морський інститут» (Україна)

- ОСНОВЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ВИБРАЦИЙ, ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ РЕЗАНИИ СБОРНЫМИ ДИСКОВЫМИ ФРЕЗАМИ С БОКОВОЙ УСТАНОВКОЙ НЕПЕРЕТАЧИВАЕМЫХ ПЛАСТИН** **158**
Настасенко В.А.
Вуз «Херсонский государственный морской институт» (Украина),
Вирич В.В
НПО «Заря-Машпроект» (Херсон, Украина)
- ПРОБЛЕМЫ НАДЕЖНОСТИ ГРУЗОПОДЪЕМНИКОВ АВТОПОГРУЗЧИКОВ** **163**
Нефедов И.А.
Приазовский государственный технический университет (Мариуполь, Украина)
- СПОСОБЫ УРАВНОВЕШИВАНИЯ ОСЕВЫХ И РАДИАЛЬНЫХ СИЛ В ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСАХ** **165**
Сторожев В.П., Груздев В.В.
Одесский национальный морской университет (Украина)
- ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТЕНДУ ДЛЯ ДИНАМІЧНОГО РУЙНУВАННЯ РОБОЧИХ СЕРЕДОВИЩ** **166**
Пелевін Л.Є.
Київський національний університет будівництва і архітектури (Україна),
Аржаєв Г.О., Слободчиков В.В.
Миколаївський будівельний коледж КНУБА (Україна),
Салтовський Б.Г.
Чорноморський державний університет ім. Петра Могили (Миколаїв, Україна)
- ЗНИЖЕННЯ ЕНЕРГОЄМНОСТІ ТРАНШЕЙНИХ ЕКСКАВАТОРІВ ШЛЯХОМ ВДОСКОНАЛЕННЯ ЗАСОБІВ ВИДАЛЕННЯ ЗРУЙНОВАНОГО ҐРУНТУ ІЗ ЗОНИ РІЗАННЯ** **170**
Пелевін Л.Є., Горбатюк Є.В.
Київський національний університет будівництва і архітектури (Україна)
- ОСОБЛИВОСТИ МОНТАЖУ МУФТ З ТОРЦЕВОЮ УСТАНОВКОЮ ПРЯМИХ КАНАТІВ** **180**
Проценко В.О.
ВНЗ «Херсонський державний морський інститут» (Україна)
- РОЗРАХУНОК НА МІЦНІСТЬ ДЕТАЛЕЙ МУФТ З ТОРЦЕВОЮ УСТАНОВКОЮ ПРЯМИХ КАНАТІВ** **182**
Проценко В.О.
ВНЗ «Херсонський державний морський інститут» (Україна)
- ПРИМЕНЕНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ ГРЕБНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ УСТАНОВКОЙ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА** **184**
Румянцев А.Ю., Хомяк В.А.
Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт судовой электротехники и технологии» (Санкт-Петербург, Россия)

- ПРИБОР ДЛЯ ВИБРОДИАГНОСТИРОВАНИЯ ПОДШИПНИКОВ
КАЧЕНИЯ И СКОЛЬЖЕНИЯ СУДОВЫХ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ** 186
Свиридов В.И.
Вуз «Херсонский государственный морской институт» (Украина),
Воробьев Ю.М., Абдулаев А.А.
Академия военно-морских сил им. П.С. Нахимова (Севастополь, Украина)
- РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ЦЕТАНОВОГО ЧИСЛА И ТЕПЛОТЫ СГОРАНИЯ
БИОДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА** 191
Семенов В.Г.
ООО «НИИ альтернативных топлив» (Харьков, Украина)
- ВИГОТОВЛЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОГО СОПЛА ПІСКОСТРУМЕНЕВОЇ
МАШИНИ ПРОМИСЛОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ** 194
Сичук В.А., Заболотний О.В.
Луцький національний технічний університет (Україна)
- ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ЛАНЦЮГОВОГО РОБОЧОГО ОРГАНА
ТРАНШЕЄКОПАЧА** 195
Сукач М.К.
Київський національний університет будівництва і архітектури (Україна),
Лисак С.І.
Миколаївський будівельний коледж КНУБА (Україна)
- ВПЛИВ ОБ'ЄМУ ЗОВНІШНІХ ПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВ НАВКОЛО
ЧАСТОК НАПОВНЮВАЧА (КАРБИДА БОРУ) НА ЗАЛИШКОВІ
НАПРУЖЕННЯ В ЕПОКСИКОМПОЗИТАХ** 200
Стухляк П.Д., Добротвор І.Г., Сорівка І.Т., Мороз К.М.
Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя (Україна),
Масляк Б.О.
Тернопільський національний економічний університет (Україна)
- ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПРИРОДИ НАПОВНЮВАЧІВ – ВІДХОДІВ
ПРОМИСЛОВОГО ВИРОБНИЦТВА НА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ
ВЛАСТИВОСТІ ПЛАСТИФІКОВАНИХ ЕПОКСИКОМПОЗИТІВ** 208
Стухляк П.Д.
Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя (Україна),
Редько О.І.
Луцький національний технічний університет (Україна),
- РОЗРОБКА ТА ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ІЗ ПОЛІМЕР-
КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ РЕМОНТУ ІМПОРТНОГО
ОБЛАДНАННЯ КОМПРЕСОРНИХ СТАНЦІЙ МАГІСТРАЛЬНИХ
ГАЗОПРОВОДІВ** 209
Ярема І.Т., Колибаб'юк П.П.
Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя (Україна),
Букетов А.В.
ВНЗ «Херсонський державний морський інститут» (Україна)

Секція 7: Захист довкілля, екологічна безпека, ресурсозберігаючі технології

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ДНЕПРОВСКО-БУГСКОМ ЛИМАНЕ	211
Александрова Н.Г., Степкова В.В. Вуз «Херсонский государственный морской институт» (Украина), Минаева Г.Н. Херсонская гидробиологическая станция НАН Украины	
НОВЕ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ПИЛОВЛОВЛЕННЯ НА ТРАНСПОРТІ	217
Батлук В.А., Басов М.В., Романцов Е.В. Львівський державний університет безпеки життєдіяльності (Україна)	
СТВОРЕННЯ САНІТАРНО-ГІГІЄНІЧНИХ УМОВ ПРАЦІ В КОКСОХІМІЧНОМУ ВИРОБНИЦТВІ	222
Батлук В.А., Макарчук В.Г., Проскура І.В. Національний університет «Львівська політехніка» (Україна)	
ШЛЯХИ ОЗДОРОВЛЕННЯ ВИРОБНИЧОГО СЕРЕДОВИЩА НА ТРАНСПОРТІ	227
Батлук В.А., Параняк Н.М., Батлук В.В. Національний університет «Львівська політехніка» (Україна)	
ПРОГРЕССИВНЫЕ МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ТРАНСПОРТЕ	232
Гнатов А.В. Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет (Украина)	
ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ПОКАЗНИКІВ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ ВИКИДІВ NO_x	240
Горбов В.М., Мітенкова В.С., Павліченко Є.С. Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова (Миколаїв, Україна)	
ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ВИПАРНИКІВ ЗРІДЖЕНОГО ПРИРОДНОГО ГАЗУ В СЕУ	242
Горбов В.М., Мітенкова В.С., Слюсаренко К.В. Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова (Миколаїв, Україна)	
МНОГОЗОННОЕ ИМПУЛЬСНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ БАРАБАННОГО ОКОМКОВАТЕЛЯ	245
Жусубалиев Ж.Т., Чернецкая И.Е. Курский юго-западный технический университет (Россия), Наговский Д.А., Исаев Е.А. Вуз «Херсонский государственный морской институт» (Украина)	
АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ ВОДНЮ ЯК ПАЛИВА ДЛЯ ЖИВЛЕННЯ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ	250
Корпач А.О., Лазейкін Є.Г. Національний транспортний університет (Київ, Україна)	

- ОСВЕТЛЕНИЕ СУДОВЫХ СТОЧНЫХ ВОД В ВЕРТИКАЛЬНЫХ ТОНКОСЛОЙНЫХ КАНАЛАХ СЕПАРАЦИОННО-ФИЛЬТРУЮЩИХ АППАРАТОВ** 252
Лейбович Л.И.
Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова (Николаев, Украина)
- ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ ПО ПРОБЛЕМЕ СНИЖЕНИЯ ВРЕДНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА МОРСКУЮ СРЕДУ БАЛЛАСТНЫХ ВОД** 257
Леонов В.Е., Лошкарев А.Г.
Вуз «Херсонский государственный морской институт» (Украина)
- ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ДОСТИЖЕНИЙ ПРИКЛАДНОГО МАГНЕТИЗМА ПРИ ОСВОЕНИИ КОСМОСА** 262
Мальгин Б.В.
Вуз «Херсонский государственный морской институт» (Украина),
Боровков Е.И., Рябинин Л.И.
Международная Академия управления в технике, природе и обществе (Санкт-Петербург, Россия)
- ПРИКЛАДНОЙ МАГНЕТИЗМ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ И РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОГО И БЕЗОПАСНОГО ПИТАНИЯ** 264
Мальгин Б.В.
Вуз «Херсонский государственный морской институт» (Украина),
Дюдяева О.А.
Херсонский государственный аграрный университет (Украина)
- ЕКОНОМІЧНІ ІНСТРУМЕНТИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ТРУБОПРОВІДНОГО МАГІСТРАЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ** 266
Мартинюк О.М.
Інститут проблем ринку та економіко-екологічних досліджень НАН України (Одеса, Україна)
- ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ РЕМОНТА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ГОРОДА** 272
Нефедов Л.И., Бабенко Е.П., Перепелица Ю.В.
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет (Украина)
- СТРАТЕГИЯ ПРИРОДООХРАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СУДОВ НА ВНУТРЕННИХ ВОДНЫХ ПУТЯХ И НА МОРЕ** 277
Решняк В.И.
Санкт-Петербургский государственный университет водных коммуникаций (Россия),
Леонов В.Е.
Вуз «Херсонский государственный морской институт» (Украина)

- ВОДНЫЕ BIOTEХНИЧЕСКИЕ КОНТРОЛЬНО-ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ КАК МЕТОД ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПОДВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ: ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ** 281
Роман Е.Г.
Независимая научно-практическая группа «Планета» (Херсон, Украина)
- МОРСКИЕ BIOTEХНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОПЫТНО-КОНСТРУКТОРСКИЕ РАБОТЫ НА ЮГЕ УКРАИНЫ: НЕОБХОДИМОСТЬ КОМПЛЕКСНОГО ПОДХОДА** 287
Роман Е.Г.
Независимая научно-практическая группа «Планета» (Херсон, Украина),
Настасенко В.А.
Вуз «Херсонский государственный морской институт» (Украина)
- ОЦІНКА РІВНІВ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ НА ТЕРИТОРІЯХ, ПРИЛЕГЛИХ ДО АВТОМАГІСТРАЛЕЙ** 292
Павличенко А.В., Таран І.О.
Державний ВНЗ «Національний гірничий університет» (Дніпропетровськ, Україна)
- АНАЛІЗ АНОМАЛЬНИХ ЕКЗОГЕННИХ ПРОЦЕСІВ ЕКОЛОГІЧНОЇ СКЛАДОВОЇ ТЕОРІЇ СТАЛОГО РОЗВИТКУ** 294
Селін Ю.М.
Навчально-науковий комплекс «Інститут прикладного системного аналізу»
(Київ, Україна)
- ВЛИЯНИЕ ОРИЕНТАЦИИ ТЕПЛОПЕРЕДАЮЩЕГО УЧАСТКА СУДОВОЙ ОБШИВКИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ЭНЕРГОУСТАНОВКИ** 300
Федоровский К.Ю., Ениватов В.В.
Севастопольский национальный технический университет (Украина)
- ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ИНВЕСТИЦИОННУЮ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТЬ РЕГИОНА** 304
Ходаков В.Е., Соколова Н.А.
Херсонский национальный технический университет (Украина)
- УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ РОЗПОДІЛУ ПОРОЖНІХ ВАГОНІВ ПРИ ЗАБЕЗПЕЧЕННІ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ ВАНТАЖНИХ СТАНЦІЙ НА ОСНОВІ РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ** 307
Чеклов В.Ф., Шеховцов О.І.
Донецький інститут залізничного транспорту (Україна)
- СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ СКОРОСТЬЮ ВРАЩЕНИЯ БАРАБАННОГО ОКОМКОВАТЕЛЯ НА ОСНОВЕ МНОГОЗОННОЙ ИМПУЛЬСНОЙ МОДУЛЯЦИИ** 309
Чернецкая И.Е.
Курский юго-западный технический университет (Россия),
Исаев Е.А., Наговский Д.А.
Вуз «Херсонский государственный морской институт» (Украина)

ПЕРСПЕКТИВИ СТВОРЕННЯ ВСЕСЕЗОННИХ ТЕПЛОАКУМУЛЮЮЧИХ ТЕПЛИЦЬ 316

Шаповалов Ю.О., Коробейнікова Н.В., Гончарова І.І.

Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова
(Миколаїв, Україна)

МЕТОДЫ ОПРЕСНЕНИЯ МОРСКОЙ ВОДЫ И ИХ РОЛЬ В СИСТЕМЕ СУДОВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ 318

Шевченко В.В., Филипчук А.Н., Филипчук А.А.

Херсонский филиал Национального университета кораблестроения им. адмирала Макарова (Украина)

ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК 323

Збірка наукових праць

Матеріали
III Міжнародної науково-практичної конференції

**СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ
ТА ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ
НА ТРАНСПОРТІ**

MINTT-2011

Том 2

Відповідальний за випуск *Врублевський Р.Є.*
Технічний редактор *Клементьєва О.Ю.*
Коректор *Федіна О.І.*
Друк, фальцювальні-палітурні роботи *Удов В.Г.*

Підписано до друку 17.05.2011. Формат 60x84/16.
Папір офсетний. Друк цифровий. Гарнітура Times New Roman.
Умов. друк. аркушів 21,0. Тираж 200 прим.

Видавець і виготовлювач
ВНЗ «Херсонський державний морський інститут»
Просп. Ушакова, 20, к. 224, м. Херсон, 73000
тел. (0552) 44-25-24

Свідоцтво про державну реєстрацію
ХС №62 від 06.06.2008