



ВИНАХІДНИК І РАЦІОНАЛІЗАТОР

№ 2 (131) 2020 р.

Науково-популярний,
науковий журнал
«Винахідник і раціоналізатор»
№ 2 – 2020 р.

Засновник журналу:
ВГО Українська Академія Наук

Зареєстровано:
Державним комітетом
інформаційної політики,
телебачення та радіомовлення
України. Свідоцтво Серія КВ
№4278 від 31.07.1997 р.

Голова редакційної ради:
Оніпко О.Ф., заслужений
винахідник України, доктор
технічних наук

Головний редактор:
Китаєв М.М.

Коректор:
Кодря В.В.

Редакційна рада:
Аль-Ріфаї Н.М.; Березанський В.І.;
Демчишин А.В., д.т.н.;
Конеченков А.Є., д.т.н.;
Коробко Б.П., к.т.н.;
Мікульонюк І.О., д.т.н.;
ПЕРЕГІНЕЦЬ І.І.; Савенко В.І., к.т.н.;
Семенюк В.Ф.; Скопенко А.Ю.;
Федоренко В.Г., д.е.н.;
Черевко О.І., д.е.н.;
Якименко Ю.І., д.т.н.

Директор:
Оніпко А.О.

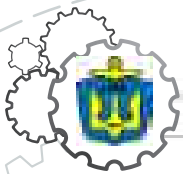
Видається за інформаційної
підтримки Державної служби
інтелектуальної власності,
ДП «Український інститут
інтелектуальної власності»

Адреса редакції:
03142, м.Київ, вул. Семашка, 13
Тел.: +38 (044) 424-51-81
www.vir.uan.ua
vinahid@ukr.net

Друкарня:
ТОВ «ДКС-Центр»
Тел.: +38 (044) 467-65-28

ЗМІСТ

ВІТАННЯ	2
Трушляков Є. Національний університет кораблебудування – віхи історії і сьогодення	4
Борткевич С., Иванов В., Матвиенко О. Диапазоны параметров элементов магнитно-импульсных установок для очистки поверхностей	8
Вільський Г. Інновація інформаційної безпеки в системах управління рухом суден	10
Гуров А. Системи керування резонансними вібраційними машинами	12
Драган С., Сімутенков І., Лебедєв В. Спосіб формування структури шва при зварюванні в захисних газах	13
Жук О., Дзисюк Я. Перспективи використання відновлювальних джерел енергії в судовій енергетиці	15
Казарезов А., Барабанова Ю., Балинський Д. Удосконалення експлуатаційної надійності понтонного мосту	20
Король Ю., Боднарчук Ю. Інноваційний засіб зменшення опору руху суден і об'єктів океанотехніки	22
Некрасов В., Бондаренко О., Ястреба О. Малий дослідний басейн для дослідження морехідних якостей суден	24
Подгуренко В. Моделирование выработки электроэнергии промышленными ветроэлектрическими станциями	26
Рябенкий В., Ихсанов Ш., Дьяконов А. Совершенствование алгоритма выделения сигналов морских судов в технологии AIS в условиях плотного потока сообщений	29
Сизоненко О., Липян Є. Спосіб керування складом при синтезі карбідтитанових твердих сплавів	31
Рябенкий В., Ушкаренко О. Технологія керування збудженням суднового синхронного генератора в динамічних режимах роботи	33
Теляшов Л. Энергетические ресурсы Черного моря и возможности их освоения	35
Чередніченко О. Безперервне вимірювання теплоти згорання суміші газів парової конверсії вуглеводневого палива	38



Шановні читачі!

Черговий номер журналу "ВІР" ми присвятили унікальному вищому навчальному закладу – Миколаївському національному університету кораблебудування ім. адмірала Макарова, який готує фахівців для суднобудівної та суміжних галузей промисловості і морегосподарського комплексу.

18 вересня 2020 року університет святкує свій 100-річний ювілей. З цієї нагоди хочемо познайомити вас з деякими унікальними цікавими науково-технічними розробками та винаходами студентів, випускників та професорсько-викладацького складу всіх поколінь цього славетного ВУЗу.

Яскраві наукові та інформаційно-ілюстративні складові журналу отримані завдяки президента Південного Відділення УАН, академіка Вільського Геннадія Борисовича, а його видання за підтримкою Голови комітету вдосконалення законодавства в сфері торгового мореплавання Ради адвокатів Миколаївської області Панченка Сергія Володимировича.

Сподіваємося, що ця інформація буде цікава та корисна для Вас.

Головний редактор Микола Китаєв



**Ректору
Національного університету
кораблебудування
ім. адмірала Макарова**

Шановний Євгене Івановичу!

Прийміть найщиріші вітання від Української Академії Наук з нагоди святкування 100-річного ювілею Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова. За свою багаторічну історію Ваш вищий навчальний заклад здобув серйозних успіхів в галузі технічної освіти, завдяки яким займає гідне місце серед провідних університетів України. Ювіляра, як відомо, прикрашають не роки, а заслуги.

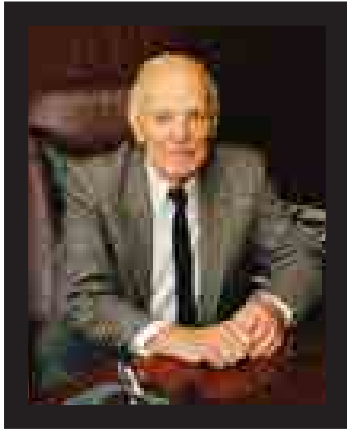
Сьогодні ваш Університет є сучасним та європейським з усіма властивими йому якостями: широким спектром технічних, економічних і гуманітарних спеціальностей, висококваліфікованим професорсько-викладацьким складом, інноваційними освітніми технологіями, включаючи програми подвійного диплома з провідними зарубіжними університетами, стрімким розвитком фундаментальної науки, інтеграцією в міжнародний освітній простір. Його неможливо сплутати з жодним з інших закладів вищої освіти нашої держави – це дійсно унікальний Університет, який знайшов своє неповторне обличчя й динамічно розвивається, де працюють викладачі і науковці, якими може пишатися будь-який виш України!

За весь час Університетом було підготовлено більше 100 тисяч висококваліфікованих фахівців, які успішно працюють в суднобудівній та суміжних галузях народного господарства країни, що, безумовно, сприяло її подальшому зміцненню та розвитку. Досягнення Ваших науковців відомі не тільки в країні, але й далеко за її межами.

Висловлюю глибоку впевненість в тому, що підтримуючи багаторічні традиції нашої плідної співпраці, закладені багатьма поколіннями науковців Університету і Української Академії Наук, разом ми здатні внести значний теоретичний і практичний внесок в інноваційний розвиток і конкурентоспроможність країни.

Від імені Української Академії Наук бажаю колективу Університету невичерпної енергії та ентузіазму, подальших професійних досягнень, втілення нових задумів, зміцнення матеріально-технічної бази, успіхів в міжнародній освітній та науковій діяльності на благо нашої Батьківщини!

З повагою,
Президент УАН, академік
О.Ф. Оніпко



**Колективу
Національного університету
кораблебудування
ім. адмірала Макарова**

Шановні колеги – освітняни і науковці, кораблебудівники!

Знагоди 100-літнього ювілею заснування вашого закладу вищої освіти прийміть найкращі вітання від Національної Академії Наук України.

Декілька століть тому на півострові біля узбережжя Чорного моря при злитті річок Інгул та Буг народилося ваше чарівне місто Миколаїв. З тих пір його майбутнє та доля тисяч його мешканців нерозривно пов'язані з кораблебудуванням – однієї з основ сучасної морської держави, запоруки її технічного та економічного розвитку. Це і обумовило доленосне рішення – заснувати в Миколаєві у 1920 році вищий навчальний заклад, який би готував інженерів для військово-морського флоту, суднобудівної та суміжних галузей народного господарства країни.

За сто років університет пройшов важкий шлях від середнього механіко-технічного училища до унікального закладу вищої освіти з потужним науково-педагогічним складом. І сьогодні активно веде освітню та науково-дослідницьку діяльність, використовує сучасні цифрові технології, по праву займає високі позиції в різноманітних національних рейтингах.

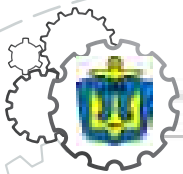
Серед більше ніж 100 тисяч випускників університету – чимало державних і громадських діячів, відомих науковців, конструкторів, бізнесменів, керівників великих суднобудівних підприємств та організацій. Кожен з них отримав якісну освіту, яка поєднує багаторічні традиції та новітні методи навчання.

Важливо, що університет має розвинену мережу філій в нашій країні, зміцнює міжнародне співробітництво, користується заслуженим авторитетом у зарубіжних партнерів. В аудиторіях закладу викладають відомі вчені, винахідники, в тому числі Заслужені діячі науки і техніки, Лауреати державних та міжнародних премій. Справжні професіонали, віддані своїй справі, ви допомагаєте молоді стати затребуваними на ринку праці, а значить – набуті впевненості в собі і своїх силах. Ваша щоденна самовіддана праця заслуговує великої поваги та вдячності.

І сьогодні, на початку XXI століття, колектив НУК імені адмірала Макарова з гідністю приймає виклики часу, усвідомлює свою відповідальність перед нацією і державою, зберігає свою унікальність, регіональну неповторність, відроджує освітні та наукові традиції, цінує культурну спадщину Миколаївщини, окреслює амбітні, проте цілком реальні плани на майбутнє.

Від імені Національної Академії Наук України бажаю всім вам подальших успіхів в освітній та науковій діяльності, зміцненні матеріально-технічної бази, в розвитку партнерських відносин та популяризації Університету як спадкоємця Миколаївського кораблебудівного інституту на всеукраїнському та міжнародному освітньому і науковому просторі.

З повагою,
Президент НАН України, академік
Б.Є. Патон



Є. Трушляков, ректор національного університету кораблебудування ім. адмірала Макарова, канд. техн. наук, професор, академік Міжнародної академії холоду

Національний університет кораблебудування – віхи історії і сьогодення

Як все починалось

У 90-х рр. XIX ст. суднобудівна промисловість країни, її торговельний флот відчували брак технічних фахівців, тому створення нових технічних навчальних закладів стало актуальним. Саме тому, у м. Миколаєві, у 1902 р. було відкрито середнє механіко-технічне (згодом – політехнічне) училище чотирикласного типу. Першим директором училища став колезький радник, інженер-механік В.А. Углецький, а потім – інженер-механік І.С. Некрасов (з 1906 р.). Заклад готував фахівців середнього технічного рівня з механічної, електромеханічної, суднобудівної та будівельно-дорожньої спеціальностей. При ньому існувала також нижча реміснича школа. Заняття почалися в вересні 1902 р. У вересні 1920 р. політехнічне училище було перетворено в Миколаївський політехнічний технікум на правах вищого навчального закладу з суднобудівним, механічним, електротехнічним та дорожньо-будівним відділеннями. Ця дата знаменує початок розвитку вищої кораблебудівної освіти в Миколаєві.

Перший випуск відбувся в січні 1921 р. і було атестовано 27 спеціалістів. На початку 1924 р. політехнічний технікум був перейменований в індустріальний, а в 1926 р. реорганізований в кораблебудівний зі збільшенням терміну навчання від трьох до чотирьох років. У 1929 р. Миколаївський технікум кораблебудування об'єднав з Миколаївським вечірнім робітничим технікумом і реорганізували в Миколаївський машинобудівний інститут. У 1930 р.

останній об'єднався з суднобудівним факультетом Одеського політехнічного інституту, в результаті чого був організований Миколаївський кораблебудівний інститут (МКІ).

Випускники Миколаївського кораблебудівного інституту (а до 1941 року цей ВНЗ підготував 1737 інженерів) в передвоєнні десятиліття стали провідними фахівцями кораблебудівних заводів не тільки Миколаєва, а й багато інших міст, очолювали суднобудівну галузь країни. До початку Другої Світової війни в Миколаївському кораблебудівному інституті була 21 кафедра, 94 викладачі, 698 студентів, безліч спеціального обладнання та приладів.

З початком бойових дій в 1941 році на території України, не дочекавшись наказу про евакуацію, дирекція інституту і міські партійні органи прийняли самостійне рішення про виїзд з міста. Вже 9 серпня 1941 р. на чотирьох залізничних платформах в евакуацію було відправлено 44 викладачі та 35 тон майна інституту, спочатку в Сталінград, Астрахань, а потім в Пржевальськ (Киргизія). Всього за воєнні роки інститут випустив 477 спеціалістів (серед них 157 кораблебудівників, 225 механіків, 95 технологів). У червні 1944 р. було прийнято рішення про повернення інституту до Миколаєва.

У цей період в інститут повернулися викладачі – колишні офіцери і солдати Червоної армії, фахівці Військово-Морського флоту. Також прийшли нові люди – провідні фахівці та інженери миколаївських суднобудівних заводів (Я.Х. Сорока, А.П. Поляков, Б.А. Букаркін,



Е.П. Микитюк та ін.), які працювали в основному за сумісництвом.

У січні 1949 р. в честь сторіччя з дня народження адмірала С.О. Макарова інституту було присвоєно його ім'я.

Творчий науковий шлях

Серйозні наукові дослідження вчених, що виконувалися у воєнні та повоєнні роки, привели до узагальнення отриманих результатів. Ряд книг викладачів МКІ було перекладено на іноземні мови і видано за кордоном. Серед них – підручники доцентів В.В. Лаханіна, А.І. Голубченка, В.М. Бузника. Це фактично був перший випадок масового виходу публікацій фахівців інституту на передовий рівень вітчизняної науки, а видання зазначених книг стало свідченням визнання високого наукового рівня і авторитету вчених МКІ імені адмірала Макарова.

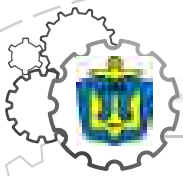
Включно до 1965 р. протягом четверті століття інститут очолював Е.Ф. Чубов. З його іменем пов'язані тяжкі роки війни, післявоєнне відновлення інституту, будівництво студентського гуртожитку і початок будівництва нового корпусу на пр. Леніна (нині – Центральний). В 1966 р. ректором інституту був призначений д-р техн. наук, професор В.М. Бузник. В цьому ж році було введено в дію новий корпус інституту: 11 лекційних аудиторій на 50-200 чоловік кожна, 14 аудиторій для групових занять, 25 навчальних лабораторій і кабінетів.

У квітні 1969 р. ректором Миколаївського кораблебудівного інституту був призначений канд. техн. наук, доцент В.А. Степанов. Під його керівництвом була створена вчена спеціалізована рада із захисту кандидатських дисертацій. В цей час в інституті працювало 403 викладачі, з яких 139 мали вчені ступені і звання, а в результаті їхньої праці отримало освіту близько 9 тисяч інженерів, які працювали на суднобудівних заводах, КБ, НДІ, в Міністерстві суднобудівної промисловості, в інших галузях народного господарства. У 1970 р. в стінах інституту навчалось 7,5 тисяч осіб, що було в три рази більше, ніж десять років тому. Крім того, значно зросла кількість науково-дослідних робіт за договорами з підприємствами галузі. Серед них – дослідження кафедр теорії корабля (завідувач – професор Ю. В. Ремез) в області качки суден, будівельної механіки корабля (доцент В. П. Суслов) по

міцності судових конструкцій, надбудов і щогл. Вперше в практиці вітчизняного суднобудування науковці кафедри технології суднобудування (завідувач – доцент А. Д. Ковтун) розробили і впровадили на суднобудівних заводах проект механізації подачі і укладання твердого баласту в міждонних відсіках суден. Вивчення режимів регулювання силової установки вітчизняних газотурбоходів проводила галузева лабораторія інтенсифікації теплообміну (керівник – доцент С.В. Рижков). Активно працювала лабораторія кондиціювання повітря, очолювана доцентом Ю.В. Захаровим. Напрями наукових робіт інституту були схвалені президією АН УРСР. 18 вересня 1970 року в день свого ювілею Указом Президії Верховної Ради СРСР Миколаївський кораблебудівний інститут імені адмірала Макарова був нагороджений орденом Трудового Червоного Прапора за заслуги в підготовці інженерних кадрів і досягнення в розвитку наукових досліджень.

У 1975 р. ректором інституту став професор М.М. Александров. Важливим завданням для МКІ став подальший розвиток наукових досліджень, підвищення їх рівня, зростання науково-професійної майстерності викладачів, залучення до творчого процесу студентів, зміцнення матеріальної бази, у тому числі будівництво головного комплексу будівель для інституту. Була відкрита спеціалізована Вчена рада з захисту докторських дисертацій та докторантура, що дало можливість захисту докторських дисертацій багатьом викладачам інституту. В 1987 р. вперше в країні в інституті був створений науково-виробничий центр (керівник – д-р екон. наук, проф. В.М. Боград), що дало поштовх для подальшого розвитку наукових досліджень та доведення їх результатів до практичної реалізації. У 1991 р. з ініціативи ректора МКІ, при Академії інженерних наук України було організовано Відділення морської техніки і морських технологій (ВМТМТ). Головне завдання його роботи – об'єднання зусиль вітчизняних вчених, висококваліфікованих фахівців і підприємств різних відомств для прискорення розвитку в країні морської техніки і морських технологій, конкурентних на світовому ринку.

Для підтримки іміджу, в кінці 80-х була побудована спортивна яхта «Ікар» і її капітан, старший викладач Б.С. Немиров з інститутською командою вперше для країни здійснив навко-



лосвітне плавання. Також проводилися легкоатлетичні пробіги в місті-герої, було створено потужну баскетбольну команду.

До початку 90-х рр. інститут підготував 30105 фахівців. Серед випускників були видатні вчені та керівники. Лауреатом державної премії СРСР з впровадження електронно-променевих технологій суднобудування (1991), народним депутатом України (1994-1998), начальником Миколаївського морського порту (2003-2005) був випускник МКІ (1972) Ємельянов В.М., який з 2007 року працює директором інституту державного управління ЧНУ ім. П. Могили. Визначним світовим суднобудівником був випускник МКІ в 1961 році Овдієнко І.М. Його важливу роль проявлено на посадах генерального директора суднобудівного заводу ім. 61 Комунара (1986-1994 роки) та Чорноморського суднобудівного заводу (1994-1996 роки). За свою виробничу, наукову та депутатську діяльність відзначено Почесним громадянином м. Миколаєва.

Випускники МКІ очолювали не тільки альма матер. Більше 40 років працював ректором ІПК – Південної академії підвищення кваліфікації випускник МКІ 1969 р. Нагорний М.О. Біля 20 років очолював перший на Миколаївщині заклад вищої освіти не бюджетного фінансування Південнослов'янський інститут Київського славистичного університету Скороходов В.А. (випускник МКІ 1976 р.). 10 років керував Миколаївським політехнічним інститутом – Міжнародним технологічним університетом «Миколаївська політехніка» випускник МКІ 1971 року Вільський Г.Б. П'ять років очолював Миколаївську філію Європейського університету випускник МКІ 1973 р. Драгоміров В.В. З 1996 року керівником філії Києво-Могилянської Академії – Миколаївського гуманітарного інституту – Чорноморського національного університету імені П. Могили працює випускник МКІ 1974 року Клименко Л.П.

Наукові досягнення та фахівці

Рівень науково-дослідних розробок істотно зріс, тематика досліджень була не тільки актуальною, але й належала до кардинальних напрямів сучасного суднобудування. В ці роки продовжувалося формування наукових шкіл інституту. Одна з перших наукових шкіл була створена на кафедрі будівельної механіки корабля під керівництвом доцента А.Г. Архан-

городського і професора Е.Б. Лунца, яка отримала подальший розвиток професорами В.П. Сусловим, Ю.П. Кочановим та іншими. Не менш відомими стали наукові школи та дослідження яких в університеті налічується 26 одиниць. Ось кілька з них: Підводна техніка, науковий керівник – Володимир Блінцов, докт. техн. наук; Енергоефективність і екологічність судових енергетичних установок – Віктор Горбов, канд. техн. наук, Володимир Шостак, канд. техн. наук; Вібротехніка та віброзахист у технічних системах – Олександр Черно, канд. техн. наук; Перспективні способи підвищення фізико-механічних властивостей функціональних матеріалів і напилених покриттів – Олександр Дубовий, докт. техн. наук; Судна з динамічними принципами підтримки – Володимир Зайцев, докт. техн. наук; Інноваційні технології в суднобудуванні – Олександр Рашковський, докт. техн. наук, та інші.

З 1993 по 2008 рік ректором інституту був доктор технічних наук, професор Г.Ф. Романовський. Під його керівництвом у ці непрості роки, колектив інституту зумів зберегти свою цілісність і відповідний рівень вищого навчального закладу. Головним напрямком усього професорсько-викладацького складу інституту в цей час стало збереження рівня підготовки фахівців для народного господарства України. Почалася перебудова навчального процесу, що дало можливість визнання дипломів випускників інституту європейськими країнами, освоєння нових організаційних форм навчання.

У 1994 р. рішенням Кабінету Міністрів України Миколаївський кораблебудівний інститут імені адмірала Макарова був перейменований в Український державний морський технічний університет (УДМТУ). А в 1999 р. Постановою Кабінету Міністрів України УДМТУ знову було присвоєно ім'я адмірала Макарова. У 2004 р. університет отримав статус національного і нове ім'я – Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова (НУК).

Сучасний етап становлення НУК

Значний розвиток університет отримав з 2008 по 2018 рік, коли ректором працював д-р техн. наук, проф. С. С. Рижков – випускник МКІ 1981 року. У 2009 році ректором С.С. Рижковим була запропонована розробка нового Генерального плану розвитку НУК для створення університету європейського типу, під примі-



щення якого рішенням Міської Ради м. Миколаєва університетові було виділено 11,5 га землі. У 2010 р. в університеті запроваджена кредитно-модульна система організації навчального процесу з підготовки бакалаврів, спеціалістів, магістрів по всім напрямкам і спеціальностям.

У 2012 р. за значний особистий вклад в розвиток вітчизняної науки Указом Президента України 6 провідним вченим університету було присвоєно звання лауреатів Державної премії України в галузі науки і техніки. Подальший розвиток отримала міжнародна діяльність університету. В 2012 р. створено «Українсько-Китайський центр передових технологій» та «Батумський консультаційний центр НУК» спільно з Батумським навігаційно-навчальним університетом (Грузія). Станом на лютий 2013 р. в НУК навчалось 702 зарубіжних студенти з 20 зарубіжних країн. В 2015 році наказом Голови Верховної Ради України Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова нагороджено «Грамотою Верховної Ради України».

Навесні 2018 року на конкурсній основі ректором НУК обраний Євген Іванович Трушляков – випускник МКІ 1986 року. Він, як фахівець з великим досвідом закордонного викладання та організації вітчизняної освіти веде активну діяльність, спрямовану на розвиток України як морської держави, а місто Миколаїв – як центру суднобудування і морської інфраструктури.

Сьогодні університет – єдиний в Україні заклад вищої освіти, який готує фахівців для суднобудівної галузі та морегосподарського комплексу держави та країн зарубіжжя за міжнародними нормами і вимогами. Підтвердженням цього є отримання в 2017 році міжнародного і державного сертифікатів якості підготовки фахівців ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 9001:2015 від світового лідера серед кваліфікаційних товариств «Бюро Верітас Сертифікейшн Україна».

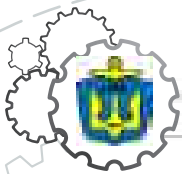
Зараз до складу НУК ім. адмірала Макарова входять 5 інститутів, 4 факультети, Херсонська та Первомайська філії, 4 навчально-наукових центри, Коледж корабелів і Первомайський коледж, 2 закордонних навчально-консультаційних пункти, Морський ліцей імені професора М.М. Александрова, Академія гардемаринів. З 2020 року відновлено роботу

Миколаївської морехідної школи, яка стала структурним підрозділом університету.

На 63 кафедрах університету працюють 7 лауреатів Державної премії України, 26 лауреатів премій Президента України і Верховної ради для молодих вчених, 8 Заслужених діячів науки і техніки України, 3 Заслужених працівники освіти України, 3 Заслужених винахідники України, 2 Заслужених діячі мистецтв України, 2 Заслужених тренери та працівники фізичної культури і спорту України, 1 Заслужений працівник промисловості України, 93 доктори наук та професори, 281 кандидатів наук-доцентів; функціонує 27 наукових шкіл (їх очолюють вчені зі світовими іменами – академіки, члени-кореспонденти галузевих та міжнародних академій наук), серед яких В.І. Вовченко, В.О. Некрасов, С.І. Сербін, М.І. Радченко, О.С. Рашковський, Л.І. Коростильов, В.В. Зайцев, А.Я. Казарезов, В.М. Рябенський, Г.В. Павлов, Ю.Д. Жуков, В.Н. Парсяк, І.О. Іртищева, Б.Г. Тимошевський, А.П. Шевцов, В.М. Горбов, Ю.М. Харитонов, М.Р. Ткач, Ю.П. Кондратенко, А.В. Ломоносов, О.В. Щедролюсєв, С.Б. Приходько, С.К. Чернов.

Університет готує висококваліфікованих молодших спеціалістів, бакалаврів та магістрів за 31 спеціальністю, 55-ма освітніми програмами бакалаврського рівня та 52-ом програмами магістерського рівня. На очній та заочній формах навчається близько 9 тисяч юнаків та дівчат, серед них 1242 іноземних студенти з 17 країн світу. Міжнародна діяльність займає особливе місце в діяльності університету, який має багаторічну історію співпраці з навчальними закладами, науково-дослідними установами і промисловими підприємствами Китаю, В'єтнаму, Грузії, США, Нідерландів, Туркменістану, Азербайджану та інших країн світу. За 100 років роботи МКІ-УДМТУ-НУК загальна кількість випускників досягла понад 100 тисяч фахівців.

Зустрічаючи свій 100-річний ювілей, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова йде впевненим курсом перетворень на сучасний європейський університет, зберігаючи ті традиції та досвід, які були закладені його професорсько-викладацьким складом та студентами всіх поколінь.



**С. Борткевич, канд. техн. наук,
В. Иванов, О. Матвиенко**

Диапазоны параметров элементов магнитно-импульсных установок для очистки поверхностей

На основании многолетнего опыта эксплуатации магнитно-импульсных установок, используемых для очистки стенок бункеров, силосов и других емкостей от налипших или примерзших сыпучих материалов, определена совокупность и приведены диапазоны значений основных параметров генераторов импульсных токов и геометрических размеров конструктивных элементов, входящих в состав магнитно-импульсных установок, обеспечивающие их эффективную работу.

Магнитно-импульсная технология (МИТ) очистки внутренних поверхностей емкостей от налипших и примерзших сыпучих материалов, взявшая за основу разработанный в 60-х годах Левиным И. А. принцип создания упругих деформаций в очищаемых поверхностях с помощью электромагнитного индуктора [1, 2], в настоящее время прочно заняла место в качестве основной альтернативы традиционно применяемых для этой цели электромеханических вибраторов, пневмопушек, с использованием ручного труда. Широкое применение МИТ стало возможным благодаря новому способу и устройству очистки [3], разработанному выпускниками Николаевского кораблестроительного института (НКИ) Борткевичем С. П., Гордиенко В. М., Ивановым В. К. и выпускником Московского инженерно-физического института, Матвиенко О. В., которые создали в 1993 году научно-производственное предприятие «МИТЭК» по производству магнитно-импульсных установок очистки ИМ. Данный способ предполагает, что при разгрузке сыпучих грузов из бункеров, силосов, вагонов и т. п. очищаемые поверхности подвергают действию локальной упругой деформации одиночными механическими импульсами специальной формы, зависящей от частотных характеристик поверхностей и свойств налипшего или примерзшего материала. В течение 26-ти лет своего существования предприятие «МИТЭК» развивало и совершенствовало данную технологию, изготовив и внедрив около 600-т магнитно-импульсных установок ИМ в 13-ти странах.

Магнитно-импульсная установка, реализующая разработанный способ очистки поверхностей от различного рода отложений [3] содержит источник высоковольтного постоян-

ного напряжения и разрядный контур, содержащий последовательно включенные накопительный конденсатор, коммутатор и, по крайней мере, один индуктор, который установлен на несущей конструкции, состоящей из балки, которая своими концами с помощью кронштейнов закреплена к очищаемой поверхности; индуктор выполнен в виде помещенной в корпус из диэлектрика спиральной электромагнитной катушки. Индуктор расположен с зазором к якорю из материала с низким электрическим сопротивлением, жестко закрепленному на очищаемой поверхности с противоположной от отложений стороны. Коммутатор обычно выполнен в виде тиристора, а накопительный конденсатор для предотвращения его перезарядки зашунтирован диодом (рис. 1, а).

Если очищаемая поверхность имеет высокую жесткость вследствие большой толщины, наличия ребер жесткости и т. п., то ее целесообразно оснащать дополнительной упругой пластиной, жестко закрепленной на очищаемой поверхности со стороны отложений и имеющей меньшую жесткость, чем окружающая очищаемая поверхность. Локальное уменьшение жесткости позволяет осуществлять очистку с помощью механических импульсов с существенно меньшей амплитудой.

На рис. 1, приведена схема магнитно-импульсной установки при воздействии непосредственно на очищаемую поверхность (а) и при воздействии на дополнительную упругую пластину (б).

Где, 1 – источник высоковольтного постоянного напряжения; 2 – накопительный конденсатор; 3 – коммутатор; 4 – индуктор; 5 – балка; 6 – кронштейн; 7 – очищаемая поверхность; 8 – корпус индуктора; 9 – электромагнитная

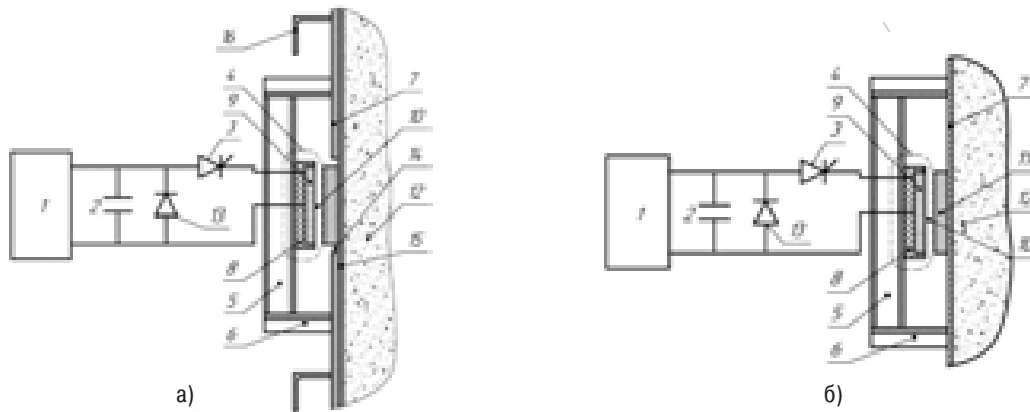
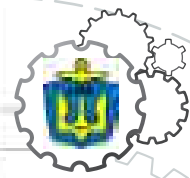


Рис. 1. Схема магнитно-импульсной установки при воздействии непосредственно на очищаемую поверхность (а) и при воздействии на дополнительную упругую пластину (б)

катушка; 10 – зазор; 11 – якорь; 12 – отложение; 13 – диод; 14 – проем; 15 – дополнительная упругая пластина; 16 – ребро жесткости.

Для осуществления процесса разрушения адгезионных связей между очищаемой поверхностью и отложениями необходимо обеспечить, прежде всего, требуемые величины амплитуды и площади прогиба очищаемой поверхности. Обе эти величины зависят от амплитуды и длительности действия импульсной электромагнитной силы, а также от геометрических параметров и физических свойств очищаемой поверхности и свойств материала отложений. В то же время, импульсная электромагнитная сила должна быть такой величины, чтобы возникающее в результате ее действия механическое напряжение в очищаемой поверхности не достигало предела усталости или предела циклической прочности. Кроме того, необходимо обеспечить условия, чтобы механические процессы, сопровождающие работу устройства, не оказывали разрушающего действия на индуктор в течение длительного срока эксплуатации.

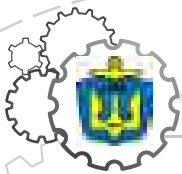
Исходя из перечисленных предпосылок, на основании многолетнего опыта разработки и эксплуатации магнитно-импульсных установок ИМ определены совокупность основных параметров и диапазоны их значений в зависимости от конструктивных особенностей

очищаемых поверхностей и свойств материала отложений, влияющие на эффективность работы установок в каждом конкретном варианте их использования. В эту совокупность входят параметры генератора импульсных токов: напряжение до 5000 В, от высоковольтного источника, накопительный конденсатор емкостью от $4 \cdot 10^{-4}$ до $3,2 \cdot 10^{-3}$ Ф и индуктор, включенный в разрядный контур, суммарная индуктивность электромагнитных катушек которого должна находиться в пределах от $4 \cdot 10^{-4}$ до $2 \cdot 10^{-3}$ Гн. Также в эту совокупность входят ряд геометрических размеров: – толщина якоря, в пределах от 0,005 до 0,02 м; – величина зазора между электромагнитной катушкой и якорем в пределах от 0,001 до 0,01 м; – длина несущей конструкции, на которой закреплен индуктор, в пределах от трех до десяти диаметров катушки. В случае использования дополнительной упругой пластины толщина ее должна в пределах от 0,005 до 0,03 м, а ширина – в пределах от трех до пятнадцати диаметров катушки индуктора.

Использование перечисленных диапазонов значений параметров при разработке и внедрении магнитно-импульсных установок для очистки поверхностей от разного рода отложений позволяет создавать эффективное, надежное и долговечное оборудование с учетом основных факторов, влияющих на его работу.

Литература

1. Левин И. А. Способ удаления льда с поверхности обшивки. – А.с. СССР № 213588, опубл. 26.01.1972, бюллетень № 5.
2. Левин И. А. Устройство для удаления льда с поверхности обшивки. – А.с. СССР № 213590, опубл. 26.01.1972, бюллетень № 5.
3. Борткевич С. П., Гордиенко В. М., Иванов В. К., Матвиенко О. В. Способ для очистки поверхностей от различного рода отложений и устройство для его осуществления. – Патент РФ № 2153403, опубл. 27.07.2000, бюллетень № 21.



Г. Вільський, доцент, академік УАН

Інновація інформаційної безпеки в системах управління рухом суден

Наведена проблематика інформаційної безпеки морських суден, яка обумовлює необхідність врахування стану інформаційного простору судноплавства. Показана необхідність розширення функціональних можливостей систем управління рухом суден. Описано оригінальні рішення запатентованого в Україні способу управління рухом морських суден.

В судноплаванні зростає проблематика інформаційної безпеки, пов'язана з кіберінцидентами з морськими суднами [1]. Розуміння завдань морської кібербезпеки визначає потребу вдосконалення систем управління рухом суден (СУРС). При цьому, у повному обсязі необхідно враховувати стан спрямованості інформаційного простору судноплавства (ІПС) на забезпечення функцій з попередження базових ризиків безпеки. Схема відображення змісту інформаційного обміну в ІПС наведена на рис. 1. Сукупність даних та інформації потоків суттєво впливають на безпеку руху суден [2]. Відсутність або припинення дії морського контенту на короткий час призводить до небезпечних ситуацій. Тому належний стан навігаційно-інформаційного поля судноводіння можливий тільки при існуванні відображених сучасних ком-

понент ІПС. Морська практика показує, що потоки даних в ІПС мають орієнтацію: випереджаючий потік з повідомленнями по маршруту; періодична інформація, що збігається з напрямком руху судна; зустрічна інформація з підготовки морських операцій. Визначена орієнтація дозволяє системно модернізувати структурну композицію СУРС. Представлена модель структури ІПС дозволяє формувати показники функцій судноводіння з визначенням поверхневої оцінки кількості інформації за мірою Р. Хартлі

$$I(x) = -n \sum_{i=1}^m p_i \ln p_i = -n \cdot m \left(\frac{1}{m} \ln \frac{1}{m} \right) = n \ln m$$

де, $I(x)$ – кількість необхідної інформації, біт; x – незалежні випадкові повідомлення; n – кількість букв в повідомленні (довжина повідомлення); m – кількість букв в алфавіті пові-

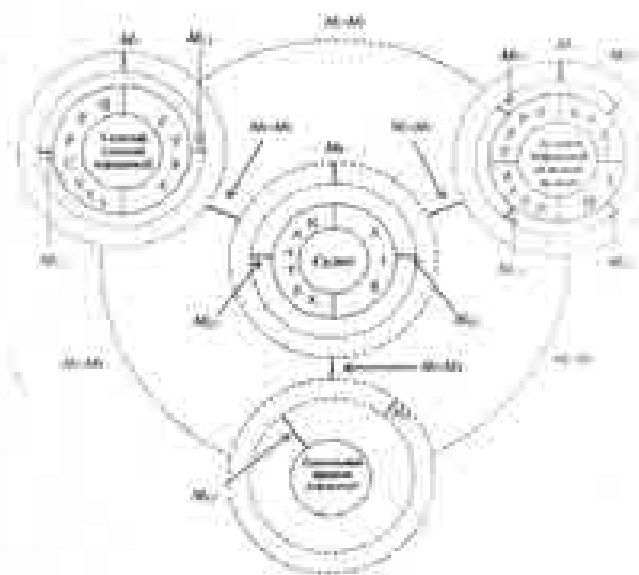


Рис. 1. Зміст інформаційного обміну в ІПС

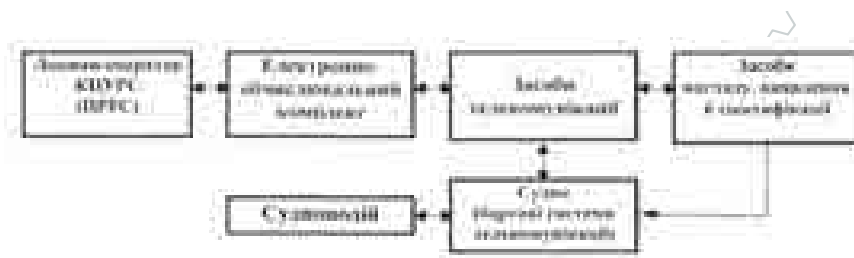
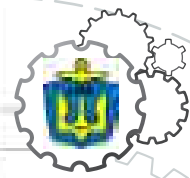


Рис. 2. Структурна схема системи управління рухом суден

домлення; p_i – рівномірність символів ($p = 1: m$). При цьому, максимальний обсяг інформації, як міра її невизначеності (ентропія), обчислюється за виразом $H_{\max}(x) = \ln 1/P_n$. Показник ІПС «надмірність інформації», пов'язаний з ентропією й обчислюється за формулою

$$R = \frac{H_{\max} - H(x)}{H_{\max}} = 1 - \frac{H(x)}{H_{\max}} = 1 - \mu$$

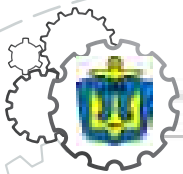
де μ – коефіцієнт стиску.

Від показника «надмірність інформації», залежить час передачі повідомлень, зменшується швидкість передачі даних, зайва завантаженість каналів зв'язку. Також відповідна надмірність забезпечує достовірність даних, що надаються СУРС суднам. Зазначені інновації з впливу ризиків інформаційної безпеки суден від роботи СУРС враховані в отриманому патенті України [3].

Спосіб (рис. 2) включає отримання і обробку інформації електронною автоматизованою системою координат місцеположення суден, встановлення зон точок поворотів при маневруванні і розбіжності суден, відображення точок поворотів на екрані індикатора обстановки інформації про знаходження суден. Для зон точок поворотів і місць обов'язкового маневрування встановлюють категорії загроз і ризиків аварійності, розраховують і будуються імовірнісні поверхневі і лінійно-стовпчасті діаграми ризиків інформаційної безпеки підконтрольних ділянок водного шляху. Виконання оцінювання параметрів загроз і ризиків аварійності з передаванням даних з безпечного управління рухом на борт морських суден суттєво покращує якість інформаційної безпеки СУРС.

Література

1. Вильский Г.Б. Информационная безопасность судовождения: монография // Миколаїв : Видавництво ФОП Швець В.Д., 2014. – 336 с.
2. Вильский Г.Б. Информационный простір судноплавства: формування, методизм і понятійний апарат // Матеріали 20 науково – технічної конференції [Практичні проблеми розвитку морського радіозв'язку, радіолокації, радіонавігації, річкової інформаційної служби та кібербезпеки на морському транспорті], 23 жовтня 2019 р., м. Одеса.
3. Патент 131848 UA, Спосіб управління рухом морських суден / Вильський Г.Б., Бень А.П., Ходаковський В.Ф. – опубл. 11.02.2019, Бюл. № 3.



А. Гуров, канд. техн. наук, професор

Системи керування резонансними вібраційними машинами

Наведена проблематика використання електромагнітних віброприводів та віброгасників з частотним регулюванням для підвищення ефективності вібраційних технологічних машин.

Застосування корисної вібрації становить великий інтерес для багатьох галузей промисловості. Технологічні процеси можуть здійснюватися тільки завдяки використанню вібрації, або ж її застосування значно підвищує інтенсифікацію процесів та якісні показники. На сучасному етапі розвитку технологічних машин спостерігається тенденція до розробки і впровадження енергозберігаючих і гнучких (швидко переналагоджувальних) технологічних ліній. Добитися мінімального споживання енергії вібраційними технологічними машинами (ВТМ) при оптимальних параметрах технологічного процесу і змінній масі завантаження робочого органу можливо тільки тоді, коли механічна система машини знаходитиметься постійно в стані наближеному до резонансного. Тому доцільним є створення керованих вібраційних технологічних машин резонансного типу, які б могли швидко переналагоджуватися і мали можливість: автоматично змінювати параметри вібраційного поля і підтримувати їх в заданому діапазоні на резонансній робочій частоті, тим самим забезпечуючи мінімальні енергетичні витрати на електропривод.

Керування якісними характеристиками вібраційного поля на резонансній частоті можна забезпечити шляхом автоматичної зміни амплітуди і частоти циклічної збудуючої сили. В сучасній промисловості широке використання отримали вібраційні технологічні машини з електромагнітним приводом, але вони потребують трудомісткого і складного процесу налагодження пружної системи, істотно реагують на масу завантаження робо-

чого органу, яке приводить до значної зміни амплітуди його коливань [1;3].

Проведені дослідження показали, що найбільш доцільним є використання цифрової адаптивної високоякісної системи автоматичного керування з виходом двополярної широтно-імпульсно модульованої (ШИМ) синусоїдальної напруги. Частотне настроювання здійснюється на основі фазових зсувів коливань робочого органу та віброзбуджувача. Це дозволяє коригувати частоти збудуючої сили, забезпечуючи резонансний режим роботи віброустановки при оптимальних параметрах технологічного процесу, що веде до поліпшення енергетичних і динамічних характеристик технологічної машини.

Одна з суттєвих проблем, що виникають при проектуванні резонансних вібромашин, – це складність забезпечення достатньої віброізоляції. Оскільки в одномасовій системі жорсткість віброізоляторів повинна задовольняти умові резонансу. Для вирішення цієї проблеми використовують двомасні, а також трьохмасні резонансні системи. Але у багатьох випадках такі системи або не забезпечують достатнього обмеження динамічних навантажень на фундамент, або не дозволяють розвинути високу амплітуду коливань робочого органу. Для задоволення суперечливих вимог забезпечення максимальної амплітуди вібрації при мінімальних зусиллях на фундамент, найдоцільніше використовувати резонансні вібромашини в комплексі з керованими віброзахисними системами.

На відміну від пасивних засобів боротьби з вібрацією, таких як віброізоляція, вібродемпфірування і динамічне гасіння, керовані



віброзахисні системи використовують енергію додаткового джерела, що дозволяє забезпечити значно велику ефективність зниження рівня коливань. За принципом дії такі системи поділяються на активні і автопараметричні. Останні мають значні переваги, які обумовлені тим, що вони, на відміну від активних, використовують енергію додаткового джерела не для створення компенсуючих дій, а для зміни одного або декількох параметрів кінематич-

ної схеми з метою забезпечення необхідної амплітудно-частотної характеристики (АЧХ) об'єкту захисту. Серед автопараметричних систем віброзахисту найбільш перспективними є системи з керованими динамічними віброгасниками [2].

Розроблені оригінальні конструктивні рішення електромагнітних віброзбуджувачів і керованих віброгасників які захищені авторськими свідоцтвами і патентами [4-5].

Література

1. Вибрации в технике: Справочник. В 6-ти т. – М.: Машиностроение, 1981. – Т. 4. Вибрационные процессы и машины / Под ред. Э.Э. Лавендела, 1981. – 509 с.
2. Пассивная и активная виброзащита судовых механизмов / А.Е. Божко, А.Ф. Галь, А.П. Гуров и др. – Л.: Судостроение 1988. – 176 с.
3. Берник П.С., Чубик Р.В., Таянов С. А., "Алгоритм для визначення частоти та амплітуди коливань вібромашин", Всеукраїнський науково-технічний журнал, "Вибрации в технике и технологиях", 2005, №2(40)-С1-6.
4. Керований динамічний віброгасник: Пат. 92940 UA, МПК F16F 15/00 / А.П. Гуров, О.О. Черно. Д.В. Москалюк (Україна) – Заявл. 01.12.08; Опубл. 27.12.10, Бюл. № 24. – 2 с.
5. Електромагнітний вібратор: Пат. 100038 МПК B06B 1/04 H02K 33/00 / А.П. Гуров, О.О. Черно. Ю.В. Туркіна (Україна) – заявл. 10.08.10; опубл. 12.11.12, бюл. №21. – 4 с.

С. Драган, канд. техн. наук, професор

І. Сімутенков, канд. техн. наук

В. Лебедєв, докт. техн. наук

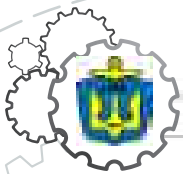
Спосіб формування структури шва при зварюванні в захисних газах

Наведена проблематика підвищення якості шва при автоматичному та механізованому зварюванні в захисних газах. Показано інноваційний підхід до реалізації методу активного впливу на процес кристалізації металу зварювальної ванни. Описана, відповідно до отриманого патенту України, суть оригінального способу формування структури металу шва і подані результати, які підтверджують позитивний ефект від зазначеного способу.

Зварювання – провідний технологічний процес, який визначає рівень розвитку і ефективність індустріального промислового виробництва. Однак, внаслідок високої швидкості охолодження і підвищеного вмісту домішок, в металі шва, часто утворюються надлишкові фази, що призводять до зниження механічних властивостей наплавленого металу.

Вирішенню проблеми зниження структурної неоднорідності нероз'ємних з'єднань, в тому числі і шляхом подрібнення структурних елементів металу шва, присвячено досить багато досліджень, результати яких можна звести до реалізації методів, що передбачають [3]:

– використання сплавів з фізично дрібним зерном;



– вибір оптимальних технологічних параметрів із застосуванням теорії технологічної міцності;

– введення в метал шва під час зварювання модифікаторів через застосування композиційних порошкових матеріалів або спеціального порошкового дроту, флюсів або паст та ін.

У способі формування структури шва при зварюванні в захисних газах [2] набув розвитку один із інноваційних методів зниження структурної неоднорідності – зовнішній періодичний механічний вплив на розплав зварювальної ванни під час його кристалізації [1,3].

Фізична сутність способу полягає у примусовому перемішуванні рідкого металу ванни за допомогою металевого стержня з термостійкого матеріалу з покриттям, яке володіє низькими ступенями активної хімічної та фізичної взаємодії з розплавом, зануреного у зварювальну ванну з можливістю здійснення обертового чи комбінованого коливально-обертового руху з регульованими параметрами, причому мінімальна відстань осі стержня від осі зварювальної дуги на поверхні зварювальної ванни обмежена ізотермою температури плавлення термостійкого покриття стержня, а максимальна глибина занурення стержня у розплавлений метал – глибиною хвостової частини зварювальної ванни в місці занурення стержня.

Для реалізації описаного способу розроблено пристрій (рис. 1), який за допомогою вузла кріплення 1 встановлюється паралельно або під гострим кутом α до осі зварювального пальника 2.

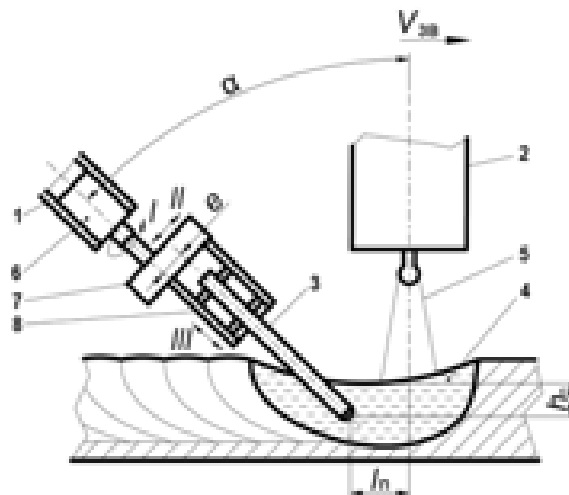


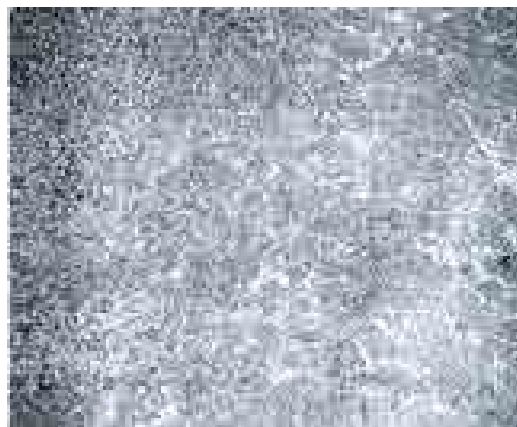
Рис. 1. Схема пристрою для реалізації способу формування структури шва при зварюванні в захисних газах: $V_{зв}$ – напрям зварювання

Робочий торець стержня 3, виготовленого із сплаву на основі танталу з покриттям ZrO_2 або ZrB_2 , занурений у зварювальну ванну 4 на глибину h_n , на мінімально допустимій відстані l_n від зварювальної дуги 5, здійснює осьовий (I) чи ексцентричний (II) обертальний рух або поздовжній коливальний (III) рух з можливістю незалежного чи комбінованого регулювання параметрів механічного впливу: частоти обертання n за допомогою електропривода 6, ексцентриситету e кола обертання – круговим ексцентриком 7, амплітуди і частоти поздовжніх коливань – тримачем 8.

Експериментальна перевірка способу шляхом наплавлення валиків у нижньому положенні самозахисним порошковим дротом типу ППАН діаметром 2,6 мм показала (рис. 2) наявність характерної зміни (подрібнення) струк-

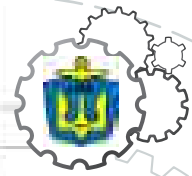


а)



б)

Рис. 2. Мікроструктура металу наплавленого валика: а – без перемішування зварювальної ванни; б – з перемішуванням, 200; (режим наплавлення: $I_n = 210 \dots 240$ А, $U_d = 26$ В)



тури наплавленого металу в порівнянні з наплавленням за традиційною технологією.

Даний спосіб формування структури металу шва придатний для механізованого та автоматичного зварювання і наплавлення в захисних газах плавким електродом будь-яких конструкційних сталей і кольорових сплавів.

Розробки, подані в даній роботі, є частиною результатів, отриманих в ході багаторічної плідної співпраці випускників Національного університету кораблебудування ім. адмірала Макарова: С.В. Драгана, І.В. Сімутенкова, А.Ф. Галя, С.А. Лоя з групою вчених ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України під керівництвом д.т.н., Почесного професора НУК В.О. Лебедева.

Література

1. Лебедев В. А., Драган С. В., Жук Г. В., Новиков С. В., Симутенков И. В. Применение импульсных воздействий при дуговой сварке плавящимся электродом в среде защитных газов (Обзор) // Автоматическая сварка, 2019. – № 8. – С. 30 – 39.
2. Патент 138259 UA. Спосіб формування структури металу шва / В.О. Лебедев, С.В. Драган, А.Ф. Галь, І.В. Сімутенков, С.В. Новіков, С.А. Лой. – Опубл. 25. 11. 2019, бюл. № 22.
3. Сараев Ю.Н., Лебедев В.А., Новиков С.В. Анализ существующих методов управления структурой металла сварного шва // Сетевой электронный научный журнал. – 2016. – Том 4, № 1. – С.16 – 24.

*О. Жук, канд. техн. наук, професор
Я. Дзисюк*

Перспективи використання відновлювальних джерел енергії в судовій енергетиці

Розглянуто можливості і унікальні переваги використання відновлювальних джерел в судовій енергетиці. З огляду досягнень світової практики показано основні напрямки розвитку і удосконалення відновлювальних джерел, пристроїв накопичення та перетворення параметрів електроенергії. Виконано порівняльний аналіз топологічних структур гібридних судових гребних електроенергетичних систем з силовими напівпровідниковими перетворювачами.

Створення і удосконалення гібридних судових енергоустановок, що використовують відновлювальні джерела і накопичувачі енергії, є одним з найперспективніших напрямів розвитку судової електроенергетики.

Світова морська транспортна галузь та суднобудівна промисловість стикаються з необхідністю одночасно відповідати зростаючим міжнародним екологічним вимогам і зберігати при цьому енергетичну та експлуатаційну ефективність, а також конкурентоздатність суден. Щоб вирішити ці проблеми, останнім часом власники та оператори все частіше звертаються до використання нетрадиційних

та відновлювальних джерел енергії для живлення та приведення у рух суден.

Інші галузі промисловості, наприклад, наземна та космічна електроенергетика вже мають позитивний досвід застосування інноваційних технологій відновлювальних джерел. Тим більш важливо вивчати різні варіанти використання гібридної електроенергії в інших галузях, аналізувати їх переваги та недоліки, адаптувати набуті досягнення до судової електроенергетики, реалізуючи їх в конкретних практичних розробках. Проведення подібного аналізу і становить мету даної роботи.

Домінуючою протягом багатьох десятиліть структурою є схема судової пропульсив-

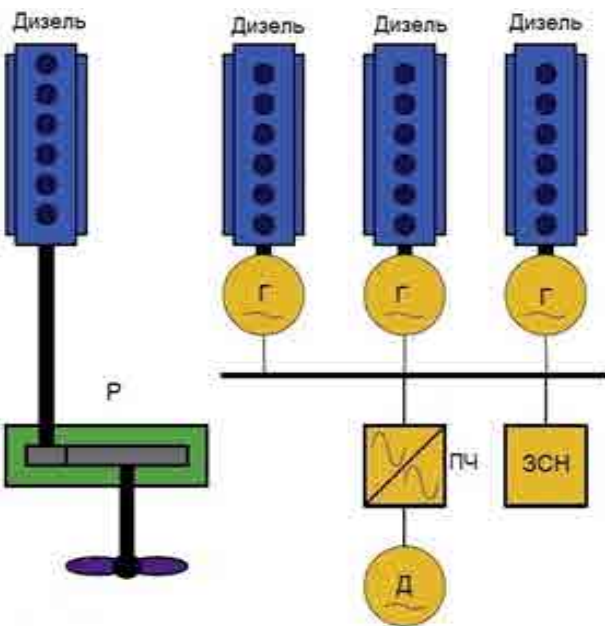
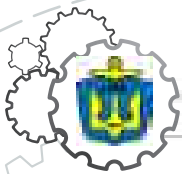


Рис. 1. Дизель-генераторна установка

ної енергоустановки, в якій механічна енергія головного теплового двигуна (наприклад, дизеля) безпосередньо забезпечує рух судна через гребний вал і гвинт, а електроенергія для живлення загальносуднових навантажень (ЗСН) виробляється допоміжними дизель-генераторними установками (рис. 1). Викори-

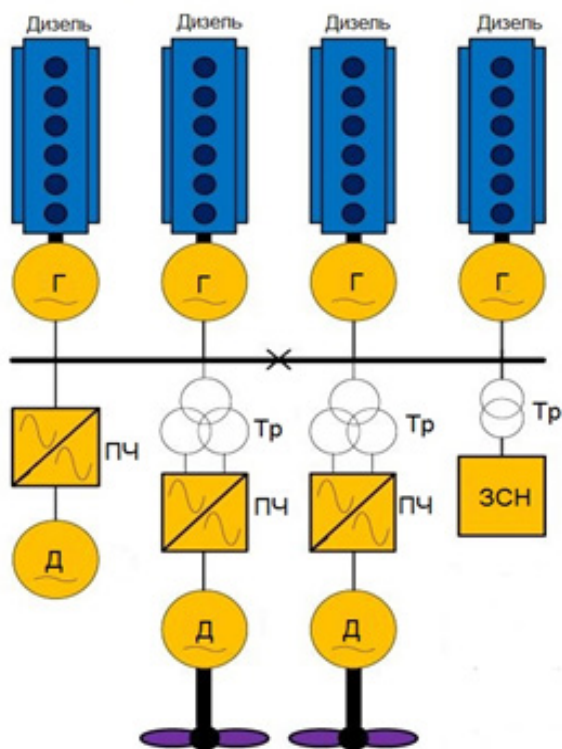


Рис. 2. Альтернативна система з гребними електричними установками

стання такої простої, надійної і звичної схеми, ймовірно, продовжиться і в осяжному майбутньому. Однак, у багатьох випадках перевага віддається альтернативним системам з гребними електричними установками (ГЕУ), в яких енергія головних теплових двигунів через механічно з'єднані з ними генератори (Г) передається на гребні електричні двигуни (Д) (рис. 2).

Головною перевагою електричних енергоустановок є можливість оптимізувати завантаження головних теплових двигунів, щоб отримати максимальний ККД та зменшити витрату палива. Крім того, відсутність на судах з електричним рухом протяжного гребного валу дозволяє раціональніше використовувати внутрішньосудновий простір [1].

Сучасні суднові електричні енергоустановки і системи вдосконалюються завдяки впровадженню нових технологій – використанню альтернативних джерел електроенергії (паливних елементів, сонячних батарей, вітрогенераторів) та її накопичувачів (акумуляторів, суперконденсаторів, маховиків) для повного або часткового електрозабезпечення суднових споживачів. Судна з подібними можливостями мають також складні системи управління електроенергією, включаючи силові напівпровідникові комплекси та системи для перетворення параметрів електроенергії. Такі типи суднових енергоустановок виходять далеко за рамки стандартних рішень і тому підпадають під новий клас гібридних суднових електроенергетичних систем (ГСЕЕС). Приклад структури таких систем з головними шинами змінного струму показано на рис. 3.

Розвиток гібридних енергоустановок зумовлено прогресом в технологіях основних складових елементів систем використання відновлювальних джерел енергії, які можуть бути поділені на три основні категорії:

- пристрої генерації або відновлювальні джерела електроенергії (ВДЕЕ) – паливні елементи (ПЕ), фотоелектричні панелі (ФП) та вітрогенератори (ВГ);

- пристрої накопичення електроенергії (ПНД) – акумулятори (А), насамперед літій-іонні батареї; конденсатори, насамперед суперконденсатори (СК) та гібридні конденсатори (ГК); маховикові накопичувачі (МН);

- силові напівпровідникові перетворювачі параметрів електроенергії (перетворю-

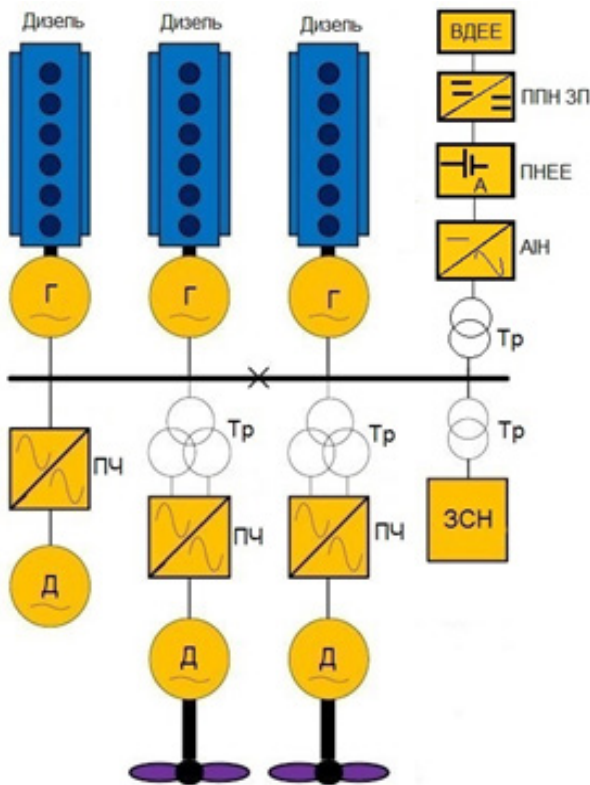
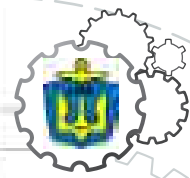


Рис. 3. Систем з головними шинами змінного струму

вачі постійної напруги (ППН), які використовуються в зарядних пристроях (ЗП)–DC/DC; автономні інвертори напруги (АІН)–DC/AC; випрямлячі (В)–AC/DC, перетворювачі частоти (ПЧ)–AC/AC тощо), завдяки яким пристрої генерації і накопичення інтегруються в загальну ГСЕЕС.

Унікальні переваги ГСЕЕС можна звести до двох основних:

- підвищена гнучкість, надійність та безпека, що дозволяє запускати мінімальну кількість генераторів, використовуючи поновлювальні джерела електроенергії і накопичувачі для доповнення, а в деяких випадках і для повної заміни основних джерел (операції маневрування, динамічного позиціонування, або раптове знеструмлення основних генераторів);
- повна відповідність новим суворим нормам Міжнародної конвенції по запобіганню забрудненню з суден, які діють в екологічно чутливих районах Світового океану. Зазначені якості забезпечують власникам і операторам максимальну економічну і експлуатаційну ефективність при використанні ГСЕЕС [2-3].

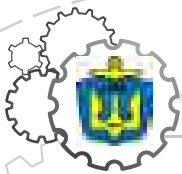
Паливні елементи безпосередньо виробляють електричну енергію в результаті електрохімічного процесу перетворення енергії

водню при нульових викидах, мінуючи процеси горіння. ПЕ можуть бути використані для комбінованої виробітки (когенерації) електроенергії і тепла з утилізацією останнього. Тому енергоефективність ПЕ порівняно з найбільш ефективними електромеханічними генераторами становить 85%. Очікується, що найближчим часом використання ПЕ зростатиме на малих і середніх суднах (паромах). Вже існують технології прямого одержання водню з традиційних вуглеводневих палив в установках риформінгу, конструктивно суміщених з ПЕ [4].

Фотоелектричні панелі вже реально використовуються на суднах як альтернативні джерела електроенергії. Сучасні ФП виробляються масово, коштують недорого, мають хороші показники питомої потужності на одиницю площі (до 170 Вт/м²) і великий термін служби (до 25 р.). Їх доцільно використовувати на суднах з великою відкритою площею поверхні верхньої палуби. Наприклад, фотоелектрична генерація з наступним накопиченням дозволила на морському автомобілевозі використовувати накопичену під час переходу електроенергію для забезпечення загальносуднових навантажень під час стоянки у портах при відключених основних генераторах [5].

Технології використання енергії вітру знаходяться ще в стадії розвитку і стикаються з проблемами, які ще належить подолати – великі розміри парусів, перепони під час транзиту під мостами, проблеми безпеки під час вантажно-розвантажувальних робіт [6].

Серед пристроїв накопичення енергії безперечна перевага належить літій-іонним акумуляторам: їх питома енергія досягає 250 Вт·год/кг і в 2...8 разів перевищує цей показник для акумуляторів інших типів. Низький внутрішній опір робить літій-іонні акумулятори оптимальними для використання в установках великої потужності. Їхня вага складає третину від ваги свинцево-кислотних акумуляторів, а розміри значно менші ніж у акумуляторів інших типів аналогічної ємності. Вони потребують мінімального технічного обслуговування і дозволяють проводити прискорену зарядку при незначних теплових втратах. Літій-іонні системи можуть мати симетричні або несиметричні режими заряду і розряду. Асиметричні режими допускають струм і потужність при розряді в декілька разів більші, ніж при заряді. Життєвий цикл літій-іонних батарей значно



більший (від 4 до 10 разів) порівняно з традиційними системами.

Серед недоліків літій-іонних акумуляторів головним є так званий тепловий розгін – неконтрольована і самоприскорювальна хімічна реакція, яка призводить до катастрофічного руйнівного пошкодження комірки батареї з можливим вибухом і пожежею на судні [7]. Але за наявності систем контролю за температурою такі випадки повністю виключаються, про що свідчить досвід успішної експлуатації найбільшого в світі судна з ГСЕЕС – круїзного лайнера Roald Amundsen, на якому встановлено дві акумуляторні системи з потужностями заряду і розряду відповідно 627 кВт і 1750 кВт. Завдяки гібридним технологіям на цьому судні витрати пального зменшено на 20% [8]. Гнучкість гібридних технологій дозволяє одержувати позитивний ефект залежно від типу судна і його конкретних робочих режимів завдяки правильному вибору топології ГСЕЕС і поєднання відповідних силових перетворювачів в системі.

На рис. 4 представлено структуру ГСЕЕС з гібридною рушійною установкою і головними шинами змінного струму, яка була впро-

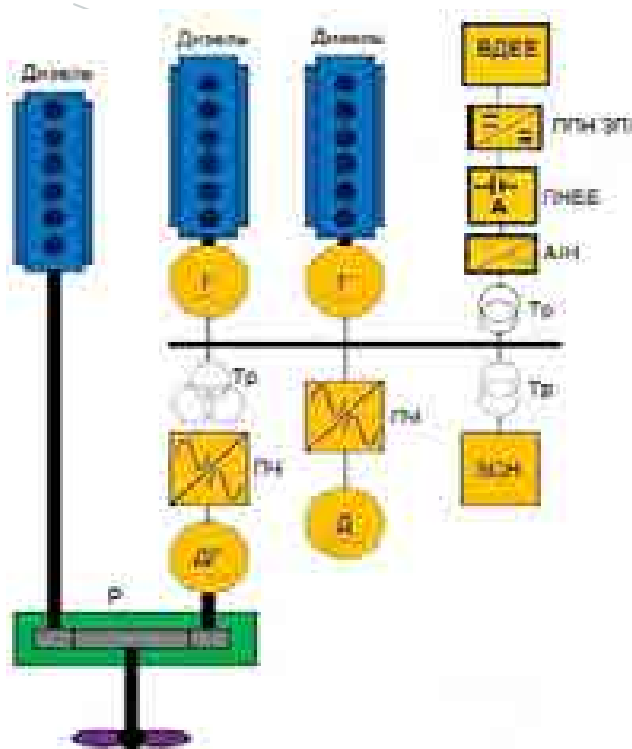


Рис. 4. Структура ГСЕЕС з гібридною рушійною установкою

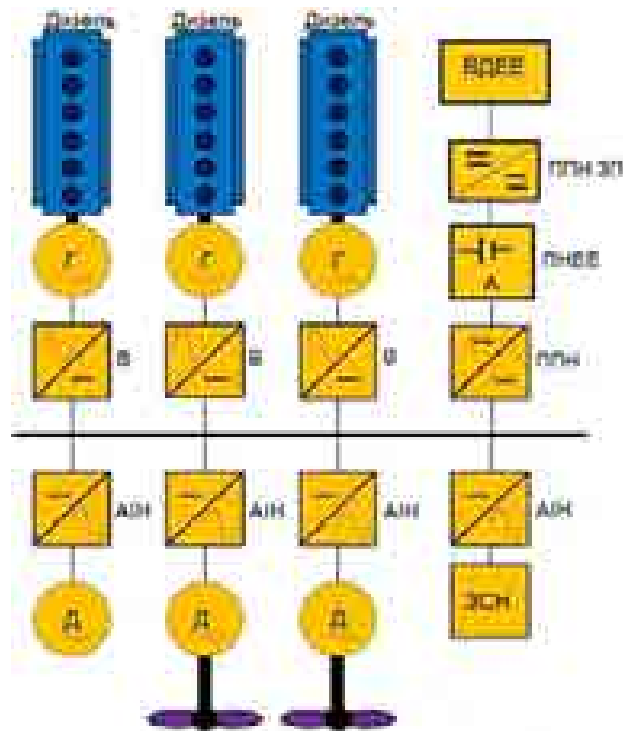
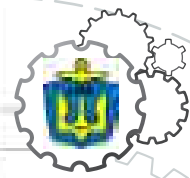


Рис. 5. Схема з шинами постійного струму

ваджена в 2014 р. фірмою Damen на портовому буксирі.

Завдяки наявності трьохвального редуктора Р, гребний гвинт обертається або від головного дизеля, або від гребного електродвигуна. В режимах малої тяги при відключеному головному двигуні використовується електропривод гвинта, який працює за рахунок енергії акумуляторної батареї. При повній тязі використовується прямий механічний привод від головного дизеля, а гребний електродвигун переходить в генераторний режим і використовується для живлення загальносуднових навантажень і для підзарядки акумуляторних батарей. Таким чином, поєднується досягнення максимального ККД головного дизеля в режимах повної тяги із мінімізацією викидів при роботі ГЕУ від джерела «чистої» енергії в режимах малої тяги [9]. Альтернативою по відношенню до ГЕЕС з шинами змінного струму, представлених на рис. 3 і рис. 4, є схема з шинами постійного струму (рис. 5).

Одним з основних недоліків ГЕУ з єдиною ГСЕЕС постійної частоти і шинами змінного струму є те, що витрата палива головними дизелями, які працюють з фіксованою частотою обертання при частковому завантаженні вища, ніж була б для них при змінній частоті



обертання (як в системі з прямим механічним приводом). Разом з цим, використання ГЕЕС з єдиними шинами змінного струму зі змінюваною частотою практично неможливе, тому що загальносуднове навантаження вимагає фіксованої частоти. Втім, при переході до єдиних шин постійного струму і використанні відповідного комплексу силових перетворювачів ГСЕЕС може допускати режими роботи головних дизель-генераторів зі змінюваною частотою.

Найважливіші переваги системи постійного струму: підвищення ефективності використання палива і зменшення втрат при перетворенні параметрів електричної енергії. В такій системі головні дизелі можуть працювати зі змінною частотою при зменшених витратах палива, а головні генератори не критичні до точності стабілізації частоти і напруги і не вимагають виконання умов синхронної роботи. Стабілізація частоти і напруги живлення загально-суднових навантажень забезпечується окремим інвертором, вхід якого підключений до шин постійного струму.

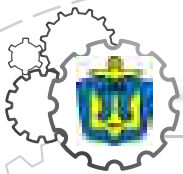
На перший погляд, перехід до такої структури ускладнює схему ГСЕЕС, оскільки в такому разі всі генератори і навантаження повинні підключатися до мережі постійного струму через окремі перетворювачі. Однак, оскільки потужність ЗСН, які отримують жив-

лення фіксованої частоти, складає лише невелику частку від потужності ГЕУ, споживачі якої отримують живлення від генераторів із змінюваною частотою через вже передбачені силові напівпровідникові перетворювачі (перетворювачі використовуються при будь-якій топології ГСЕЕС), загальні витрати можуть бути знижені [10]. Системи з шинами постійного струму мають більшу стійкість, оскільки задачі стабілізації частоти і напруги вирішуються лише для їх локальної частини з загальносудновими навантаженнями. Основний, найбільш потужний блок навантажень, що живиться від шин постійного струму вимагає, насамперед, лише надійного захисту від струмів короткого замикання.

Запропоновано структурні рішення побудови суднових гібридних пропульсивних енергоустановок з силовими напівпровідниковими перетворювачами. Розглянуто основні складові систем використання відновлювальної енергії на судах. Показано, що гібридні технології дозволяють одержувати позитивний ефект залежно від типу судна і конкретних режимів роботи лише за умови правильного вибору топології гібридної суднової електроенергетичної системи, залежно від типу й конкретних режимів роботи судна та використання в ній відповідних силових перетворювачів.

Література

1. Comparison of Conventional vs. Diesel Electric Propulsion System. Reference: 'Electrical Propulsion System in Ships'. <http://www.marineinsight.com/marine-electrical/electrical-propulsion-system-in-ships/>
2. . Курылев А. С., Рубан А. Р., Курылев С. А. Гибридная судовая энергетическая установка // Инновационные, информационные и коммуникационные технологии. 2016. № 1. С. 478-480.
3. R.D. Geertsma, R.R. Negenborn, K. Visser, J.J. Hopman. Applied Energy: Design and control of hybrid power and propulsion systems for smart ships: A review of developments. <http://www.elsevier.com/locate/apenergy>
4. М.А. Касаткин. Альтернативные источники энергии: Опыт создания энергоустановок на топливных элементах в филиале Крыловского ГНЦ. <http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=7495>
5. С. В. Кононенко, С. В. Головкин, М. А. Надеев, В. А. Павленко: Судовые электроэнергетические комплексы и системы: Применение солнечных батарей на объектах морской инфраструктуры. // Вестник АГТУ Сер: Морская техника и технология 2018 № 3
6. О.А. Бурмакин, Ю.С. Малышев, Ю.В. Варечкин, И.В. Сычушкин. Обоснование эффективности судовых ветрогенераторных установок // Труды Нижегородского ГТУ им. Р.Е. Алексеева №2(104)
7. Performance of Various Lithium-Ion chemistries. Reference: 'BU-205: Types of Lithium-ion'. Credits: Cadex and Boston Consulting Group. http://www.batteryuniversity.com/learn/article/types_of_lithium_ion
8. MS Roald Amundsen Polar Cruise Ship <https://www.ship-technology.com/projects/ms-roald-amundsen-polar-cruise-ship/>
9. Damen RSD Tug 2513 undertakes successful towing tests with Svitzer in Port of Felixstowe. <http://www.damen-rsd-tug-2513-undertakes-successful-towing-tests-with-svitzer-in-port-of-felixstowe/>
10. Курылев А. С., Рубан А. Р., Курылев С. А. Гибридная судовая энергетическая установка // Инновационные, информационные и коммуникационные технологии. 2016. № 1. С. 478-480



А. Казарєзов, докт. техн. наук, професор
Ю. Барабанова, аспірант
Д. Балинський

Удосконалення експлуатаційної надійності понтонного мосту

Підвищення надійності понтонного мосту досягається шляхом зменшення амплітуди коливань понтонного мосту за рахунок прикладання до понтонів керованих динамічних зусиль від встановлених на понтонах реактивних поворотних гідравлічних сопел, у які подається вода.

Понтони, з яких складається наплавний міст, знаходяться під дією динамічних навантажень від транспорту, що рухається по мосту, від вітрових та хвильових навантажень, що діють на міст, від навалів на міст водного транспорту та льодових навантажень. Коливання понтонів ускладнюють, а в деяких випадках роблять неможливою роботу наплавного мосту.

Невирішеною частиною проблеми є необхідність підвищення надійності експлуатації понтонного мосту шляхом зменшення амплітуди коливань мосту, що виникають під дією на міст динамічних навантажень. Задача полягає в тому, щоб розробити принципову схему пристрою для зменшення амплітуди коливань понтонного мосту.

Наплавні мости понтонного типу розв'язують цілу низьку логістичних проблем. Широко відомі переваги наплавних мостів понтонного типу [1]. Однак наплавні мости понтонного типу мають і певні недоліки. Один з недоліків мостів вказаного типу пов'язаний з тим, що для понтонів мосту передбачається якірний пристрій, котрий утримує понтони в заданому положенні по відношенню до берегів водної перешкоди та по відношенню один до одного.

Рівень води в річці чи прибережній зоні моря постійно змінюється за рахунок дій течії, вітру та атмосферних опадів. Берегові споруди понтонного мосту знаходяться на постійному рівні, в той час як понтони, що знаходяться на плаву, переміщуються внаслідок зміни рівня води, що вимагає відповідної роботи з якірним пристроєм. Окремо слід розглянути розгойдування понтонів під дією хвиль та руху транспортних засобів по мосту. Якірний пристрій нездатний ефективно компенсувати кутові нахили понтону, які ускладнюють рух тран-

спортних засобів, або викликають аварійні ситуації на мосту. При встановленні понтонного мосту на великих глибинах розмір якірного пристрою може бути надмірно великим, що пов'язано з витратами ресурсів та складністю технічної реалізації.

Пропонується для зменшення переміщень понтонів мосту використовувати спосіб прикладання до понтонів керованих динамічних зусиль. Такий підхід використовується в мореплавстві для заспокоєння коливань суден, що викликані морськими хвилями. Існує багато конструктивних рішень заспокоювачів хита-виці, які детально описані в літературі [2].

Для понтонного мосту пропонується використовувати керовані динамічні зусилля, що утворюються в наслідок дії реактивної тяги струменів води. Реактивна тяга струй води виникає в наслідок взаємодії реактивної установки та струменем води, що виходить з сопла, з необхідною кінетичною енергією. Точкою прикладання реактивної тяги є зріз сопла, а напрям дії реактивного зусилля є напрям протилежний напрямку руху води в струмені.

Для створення керованої гідравлічної тяги на понтонах пропонується встановити реактивні поворотні гідравлічні сопла, які живляться від гідравлічної системи. Гідравлічна система для підвищення надійності експлуатації понтонного мосту шляхом зменшення амплітуди коливань мосту, що наведена на рис.1, захищена патентом на корисну модель [3].

Гідравлічна система складається з насосної станції (1), гідравлічних поворотних сопел (2) з запірно-регулюючою арматурою (3), пристроїв кріплення сопел на понтонах (4), гнучких трубопроводів (5), що з'єднують гідравлічні сопла з насосною станцією, механізмів повороту гідравлічних сопел (6); посту керу-

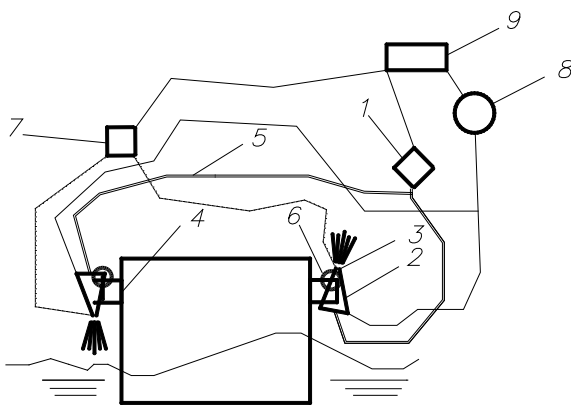
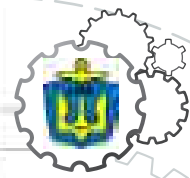


Рис. 1. Гідравлічна система для зменшення амплітуди коливань мосту

вання (7); системи автоматичного контролю за положенням сопел (8); обчислювального пристрою (9).

Запірна арматура гідравлічних сопел та механізми повороту гідравлічних сопел мають систему дистанційного керування з окремого посту, якій розташований у пункті керування мостом чи на насосній станції. Керування запірною арматурою гідравлічних сопел та механізми повороту гідравлічних сопел здійснюється обчислювальним пристроєм за програмою або у ручному режимі. Для функціонування системи дистанційного керування запірною арматурою гідравлічних сопел та механізмами повороту гідравлічних сопел передбачена система автоматичного контролю за положенням у просторі і часі точок кріплення гідравлічних сопел на понтонах.

Інформація про переміщення точок понтону подається на пост системи дистанційного керування запірною арматурою гідравлічних сопел та механізмами повороту гідравлічних сопел, де зображується на дисплеї та вводиться у обчислювальний пристрій. Обчислювальний пристрій за програмою обробляє вхідну інформацію та видає вихідну інформацію на пост системи дистанційного керування запірною арматурою гідравлічних сопел. Можливо керування запірною арматурою гідравлічних сопел у ручному режимі з посту системи дистанцій-

ного керування запірною арматурою гідравлічних сопел.

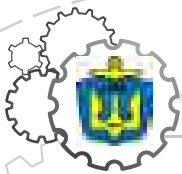
Насосна станція, у яку подається вода, заповнює за допомогою гнучких трубопроводів гідравлічні сопла рідиною під тиском, заданим обчислювальним пристроєм. Система дистанційного керування запірною арматурою гідравлічних сопел за інформацією від обчислювального пристрою здійснює відкриття на заданий час гідравлічних сопел. Гідравлічні сопла, випускаючи рідину, здійснюють прикладання до понтонів керованих динамічних зусиль, що забезпечує зменшення амплітуди коливань понтонного мосту під дією на міст динамічних навантажень.

Поворот гідравлічних сопел вертикально забезпечує вертикальні сили, що, діючи у протилежній фазі з динамічними навантаженнями від транспорту, від вітрових та хвильових навантажень, забезпечує досягнення результату – зменшення амплітуди коливань понтонного мосту. Поворот гідравлічних сопел горизонтально забезпечує горизонтальні сили, що охороняють міст від навалів водного транспорту та льодових навантажень. Окрім того досягається додатковий результат – можливість розведення понтонного мосту без використання буксирів та берегових лебідок. Також у виняткових випадках є можливість руху по понтонному мосту транспортного засобу, вага якого перевищує вантажопідйомність мосту на величину зусиль, що створюють гідравлічні сопла, що знаходяться безпосередньо під транспортним засобом.

Розроблено гідродинамічну систему стабілізації понтонного мосту, яка дозволяє підвищити надійність його функціонування шляхом зменшення амплітуди коливань під дією на міст динамічних навантажень. Гідродинамічна система стабілізації мосту забезпечує наведення логістичних переходів на значних глибинах без використання якірного пристрою та розведення без буксирів і додаткових технічних засобів.

Література

1. Гишман Е.Е. Мосты и сооружения на дорогах. Ч. 2. / Е.Е. Гишман, В.С. Кириллов, Л.В. Маковский и др. [Текст] – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1972. – 404 с.
2. Шмырев А.Н. Успокоители качки судов. А.Н. Шмырев, В.А. Мореншильдт, С.Г. Ильина, А.И. Гольдин. [Текст] – Л.: Судостроение, 1972. – 477 с.
3. Казарезов А.Я., Галь А.Ф., Балинский Д.М. Пристрій для зменшення коливань понтонного мосту. Патент на корисну модель № 133727. Бюл. № 8. 25.04.2019 – 4 с.



Ю. Король, канд. техн. наук, доцент, професор
Ю. Боднарчук, аспірант

Інноваційний засіб зменшення опору руху суден і об'єктів океанотехніки

Наведено аналіз відомих сучасних засобів зниження опору руху суден шляхом керування прикордонного шару, досвід використання яких довів їх досить високу ефективність, але виявив і суттєві недоліки. Запропоновано дуже простий засіб керування прикордонним шаром за допомогою однієї або декількох поперечних поглиблень-виїмок для зменшення опору.

Сьогодні існує немало методів зниження опору судна. До методів, при якому відбувається управління прикордонним шаром (відносно суден) відносяться: відсмоктування прикордонного шару, підігрів поверхні, пружні покриття, штучна каверна, повітряне змащення, полімерні та інші включення. Досвід використання перелічених методів довів їх досить високу ефективність, але виявив і недоліки. По-перше, можливі втрати корисних об'ємів судна. Так на прикладі методів повітряного змащення та штучної каверни можливі втрати водотоннажності судна при відсутності повітря у виїмці, що може привести до необхідності збільшення висоти борту судна для виконання вимог класифікаційних органів до величини надводного борту або до необхідності збільшення висоти комінгсів вантажних трюмів для збереження їх вантажомісткості, що, в свою чергу, тягне за собою збільшення маси корпусу і зниження вантажопідйомності судна. По-друге – це складність конструкції. Цей недолік приводить до того, що при експлу-

атації на судні повинен знаходитись кваліфікований фахівець, який у випадку виходу з ладу пристрою міг би його полагодити, або запобігти його остаточному руйнуванню. По-третє, майже усі пристрої може бути використано тільки на нових суднах.

Суть запатентованої корисної моделі полягає в встановленні однієї або декількох поперечних виїмок на змоченій поверхні корпусу замість вкривання усієї кормової частини дрібними сферичними виїмками [1] імітуючи поверхню м'яча для гольфу [2], що дозволяє змінювати розподіл тиску на поверхні судна [3]. Виїмки являють собою локальну зміну форми змоченої поверхні корпусу судна за рахунок створення на ній поглиблень, параметри яких залежать від характеристик обраного об'єкту. Для кожного окремого судна процес знаходження оптимального розміру та місця розташування виїмок виконується індивідуально у зв'язку з гідродинамічними особливостями процесу обтікання. Корпуси суден з варіантами виїмок зображені на рис. 1.

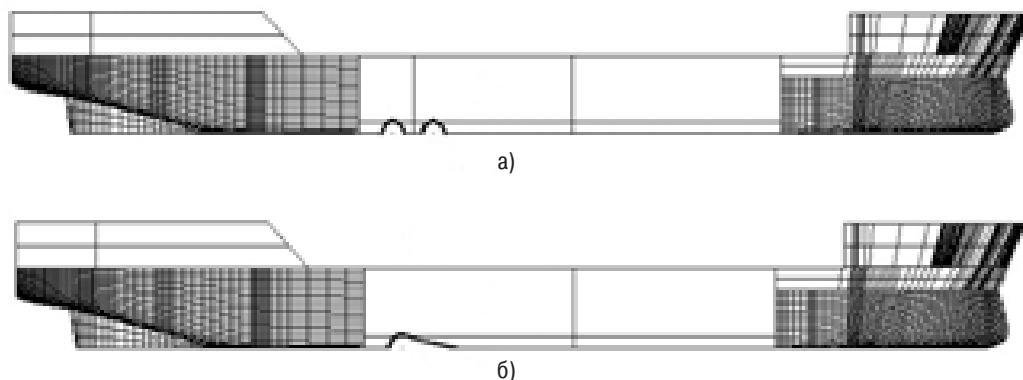


Рис. 1. Корпуси суден з виїмками: (а) – з двома виїмками; (б) – з однією виїмкою і закругленням 20

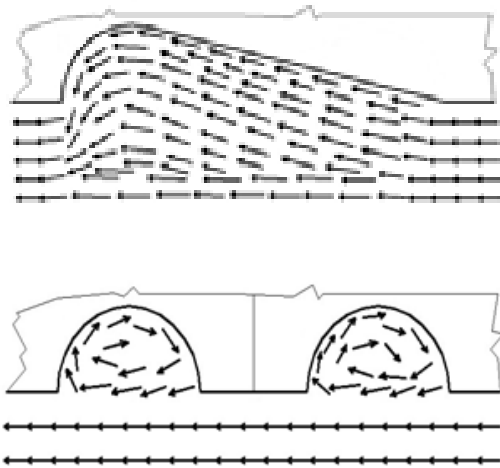
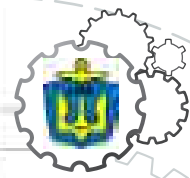


Рис. 2. Вихровий рух рідини у виїмках

Ефект від встановленої виїмки досягається наступним чином: під час руху судна в середині виїмки швидкість збільшується та утворюється макро-вихор, за рахунок чого в середині виїмки тиск знижується. Вихровий рух рідини в середині виїмок зображений на рис. 2.

На рис. 3 наведено як за допомогою встановлених виїмок змінюється розподіл середнього тиску вздовж поверхні корпусу судна.

Не важко побачити, що тиск підвищується в кормовій частині і саме це дозволяє наблизити картину тиску до стану судна яке рухається в

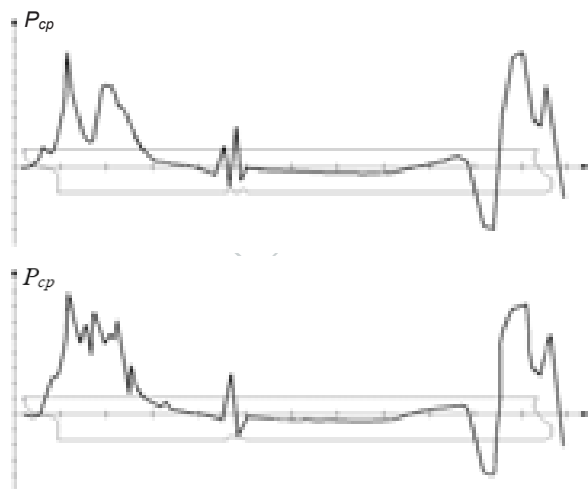


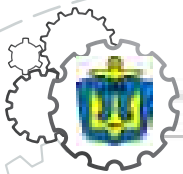
Рис. 3. Розподіл середнього тиску вздовж корпусу суден

ідеальній рідині. Правильно обрані розміри та місце розташування виїмок може бути використано для зменшення повного опору судна.

Виїмки на поверхні корпусу судна мають досить просту конструкцію. Їх встановлення не потребує великих технологічних витрат, так як це є локальні зміни поверхні, що в свою чергу дає можливість їх використання як на нових суднах, так і легкої модернізації вже існуючих. Встановлення виїмок може відбуватися під час докового планового ремонту або під час побудови судна.

Література

1. Donnelly K.J., (2009), Reduction of Ship Resistance through Induced Turbulent Boundary Layers, A thesis submitted to the Florida Institute of Technology, Melbourne, Florida, p. 1-74.
2. Chear C. K., Dol S. S., (2015), Vehicle Aerodynamics: Drag Reduction by Surface Dimples, International Journal of Mechanical and Mechatronics Engineering, Vol:9, No:1.
3. Патент 134146 (2019) Київ, Державне патентне відомство України //Король Ю.М., Боднарчук Ю.С.



В. Некрасов, докт. техн. наук, професор
О. Бондаренко, канд. техн. наук, доцент
О. Ястреба

Малий дослідний басейн для дослідження морехідних якостей суден

Обладнання для сучасної методології викладання теорії корабля для студентів і аспірантів кораблебудівних та судноплавних вищих навчальних закладів, освоєння ними новітніх технологій дослідження морехідних якостей кораблів та суден, навичок оперативного використання цих якостей під час проектування, побудови та експлуатації кораблів та суден, як для збільшення ефективності виконання основних функціональних операцій, так і досягнення відповідної безпеки плавання, охорони навколишнього середовища, попередження наслідків аварійних ситуацій.

Ефективність експлуатації та безпека плавання кораблів і суден забезпечується рівнем їх морехідних якостей, таких як плавучість, остійність, непотоплюваність, ходовість, керованість і морехідність та кваліфікованим використанням цих якостей.

Кваліфіковане використання ґрунтується на знанні ресурсів цих інженерних споруд і оперативним управлінням ресурсами як в умовах проектування і будівництва, так і при звичайній експлуатації, особливо в передаварійній, аварійній та післяаварійній обстановці.

Обладнання по дослідженню характеристик плавучості, остійності, непотоплюваності і качки судна на тихій воді, що створено в Національному університеті кораблебудування у вигляді малого дослідного басейну, який запатентовано (рис. 1), призначене для освоєння майбутніми інженерами кораблебудівниками, науковцями кораблебудування і плавскладом кораблів і суден теоретичних знань з їх основних якостей і розвитку практичних навичок не тільки у визначенні ресурсних характеристик, але і в оперативному управлінні ресурсами в різних умовах створення і експлуатації [1,3].

Придбання теоретичних і практичних навичок не тільки у визначенні характеристик основних морехідних якостей суден, що забезпечують ефективність та безпеку плавання, але і в розвитку системи цілеспрямованих дій щодо збереження та підвищення їх ефектив-

ності та безпеки в різних умовах експлуатації сприяють:

- цикл досліджень по визначенню за допомогою марок осадки, характеристик посадки судна в допустимих умовах рівноваги і рівня його плавучості при прийомі і знятті малих і великих вантажів;

- цикл досліджень по визначенню характеристик початкової остійності судна в будь-якому з положень його рівноваги, без урахування і з урахуванням прийому і зняття вантажів, переміщення їх на судні, наявності на судні рідких вантажів з вільною поверхнею і появи підвішених вантажів. Контроль початкової остійності шляхом проведення дослідів кренування з метою отримання інформації про поточне розташування центра ваги судна і значення його початкової метацентричної висоти. Визначення моментів, що кренують судно на один градус і диферентують його на один сантиметр з метою прогнозування посадки судна при різних переміщеннях вантажів;

- дослідження з визначення характеристик непотоплюваності (залишкової плавучості і остійності) судна при затопленні його відсіків, вибору способів боротьби за живучість пошкодженого судна, зокрема – шляхом контр затоплювання відсіків;

- дослідження з визначення характеристик остійності, при великих кутах крену, впливу на цей вид остійності прийому і зняття вантажів, появи на судні підвішених і рідких вантажів з

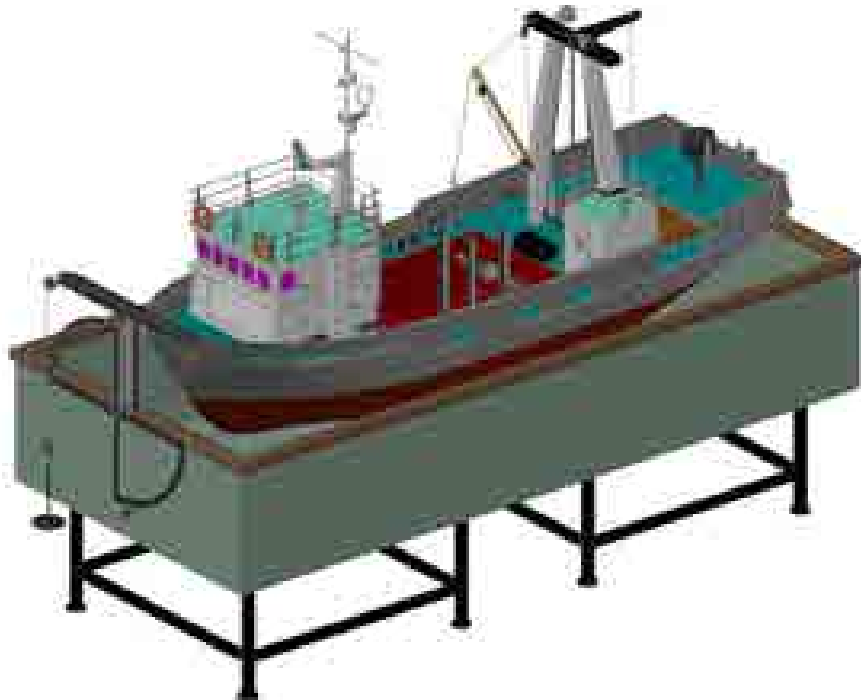
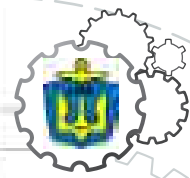


Рис. 1. Загальний вигляд малого дослідного басейну для дослідження плавучості, остійності, непотоплюваності і качки судна на тихій воді

вільною поверхнею, збереженню запасів остійності судна з метою попередження найбільш небезпечних наслідків експлуатації, пов'язаних з втратою поперечної остійності;

– цикл досліджень з визначення рівня населеності судна, відсутності морської хвороби у членів екіпажу і пасажирів, зменшення шкідливих наслідків хитавиці шляхом використання пасивних заспокоювачів.

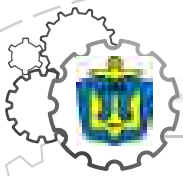
Цей комплекс досліджень виконується на новому типі обладнання – малому дослідному басейні, який включає: експериментальну установку, методичне керівництво з виконання 15 дослідницьких робіт, інструкцію з підготовки

експериментів, налаштування обладнання та виконання дослідницьких робіт.

Результати, які представлені в даній роботі, є частиною досліджень, що виконуються авторами по створенню та удосконаленню сучасної науково-дослідної бази України по дослідженню морехідних якостей кораблів та суден, яка включає даний малий дослідний басейн, модернізацію існуючого дослідного басейну НУК з ходовості суден довжиною 33 м [2], та створення у майбутньому сучасного універсального дослідного басейна НУК з ходовості, керованості та морехідності кораблів, суден та підводних апаратів.

Література

1. Некрасов В.О. Збірник лабораторних робіт з дослідження плавучості, остійності та непотоплюваності судна на тихій воді. – Миколаїв: НУК, 2007. – 88 с.
2. Некрасов В.О., Забурдаєв Л.В. Збірник лабораторних робіт з дослідження ходовості судна на тихій воді. – Миколаїв: НУК, 2007. – 60 с.
3. Патент 132596 Україна (корисна модель). Малий дослідний басейн для дослідження плавучості, остійності, непотоплюваності та вільних бортових коливань судна на тихій воді Некрасов В.О., Бондаренко О.В., Ястреба О.П. Опубл. 11.03.2019.



**В. Подгуренко, канд. техн. наук,
академик УАН**

Моделирование выработки электроэнергии промышленными ветроэлектрическими станциями

Определены наиболее важные факторы, влияющие на эффективность работы ветроэлектростанций. На основании данных многолетних измерений скорости ветра на различных высотах найдена зависимость изменения скорости ветра от высоты в приземном слое атмосферы в условиях Северного Причерноморья. На основании полученной зависимости и с учетом данных, полученных на 43-х современных ветроэлектрических установках большой мощности, разработана математическая модель производства электроэнергии с учетом влияющих факторов.

Известны работы об эффективном использовании ветроэлектрических установок (ВЭУ) применительно к ветровым условиям Украины [1,2]. Нахождение повторяемости скоростей ветра в месте их установки в работах рекомендуется либо проведением анеморазведки с последующей корреляцией по данным ближайших метеостанций (МС) за последние 12-15 лет, либо приближенное их получение путем экстраполяции данных ближайших МС. Эти рекомендации неприемлемы для ветроагрегатов мультимегаваттной мощности из-за значительных погрешностей в выработке электроэнергии.

Поэтому, важнейшая научно-прикладная проблема подбора эффективных ВЭУ большой мощности для строительства промышленных ветроэлектрических станций (ВЭС) в настоящее время далека от разрешения. Проблемные вопросы математического и компьютерного моделирования параметров ВЭУ большой мощности, которые должны вырабатывать как можно больше товарной энергии и удовлетворять соотношению цена-качество, остаются открытыми. Уже стал мировой тенденцией тот факт, что эффективность работы ВЭУ повышается за счет увеличения их номинальной мощности. Результаты же выполненных исследований свидетельствуют о том, что использование лишь только этого показателя, может привести к погрешностям при расчетах в годовом производстве электроэнергии.

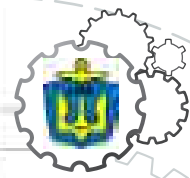
Попытка найти более точный расчет, привела к разработке метода с использованием компьютерных средств по оптимизации эксплуатационных параметров промышленных ВЭС в ветровых условиях Северного Причерноморья Украины.

Статистика и замеры параметров

Для прогнозных расчетов объемов выработки электроэнергии любой ВЭУ необходимо располагать данными о ветропотенциале площадки, на которой размещена ВЭС, укомплектованная этими ВЭУ, и характеристикой самой ВЭУ, то есть зависимостью электрической мощности ветротурбины от скорости ветра на высоте оси ВК.

Строительство промышленной ВЭС в Северном Причерноморье запланировано на прилегающих к Аджигольской пилотной ВЭС (АВЭС) территориях, для которых исследовано распределение вероятностей ветра по градациям скоростей за период 18-летних замеров на репрезентативной МС военного аэродрома, а также замеров скорости и направления ветра на площадке АВЭС прибором Logger #9200 за 26 месяцев на высоте 27–31,5 м и одновременных замеров на высотах 31,5 и 10 м.

Средняя многолетняя скорость ветра по замерам МС, приведенная к условиям замеров на площадке АВЭС (высота флюгера 31,5 м), составляет 6,0 м/с. Эта скорость является наименьшей при расчете разными методами, что обеспечивает наиболее достоверный прогноз на длительный период работы ВЭС.



Для выполнения расчетов объемов производства электроэнергии различными ВЭУ пересчитаны градации скоростей ветра на высоте флюгера на высоты осей ВК исследуемых ВЭУ. В пересчетах использовали известную зависимость Hellman:

$$\frac{V_0}{V_f} = \left(\frac{h_0}{h_f} \right)^m \quad (1)$$

Здесь:

V_f – скорость ветра на высоте флюгера $h_f = 31,5$ м;

V_0 – искомая скорость ветра на высоте h_0 оси ВК исследуемой ВЭУ;

m – показатель степени функции, так называемый коэффициент вертикального профиля скорости ветра. Как показали специальные испытания, в среднем для ветра на АВЭС $m = 0,227$.

Преобразовав формулу (1) к виду

$$V_0 = V_f \left(\frac{h_0}{h_f} \right)^m = V_f \left(\frac{h_0}{31,5} \right)^{0,227} \quad (2)$$

определили скорости ветра на осях ВК исследуемых ВЭУ.

Используя формулу (2), трансформируем данные распределения скоростей ветра на площадке АВЭС на высоте $h_f = 31,5$ м на годовое распределение повторяемости скоростей ветра на различных высотах осей h_0 ВК исследуемых ВЭУ. Расчёт годовой потенциальной выработки электроэнергии производился по формуле:

$$Q_n = \sum P_i \cdot T_i, \text{ где}$$

Q_n – годовая выработка электроэнергии, МВт·час;

P_i – генерируемая мощность при скорости ветра V_i на оси ВК, кВт (по мощностным характеристикам ВЭУ);

T_i – длительность скорости ветра V_i i -й градации.

Длительность года $365 \cdot 24$ час = 8760 час.

В результате численного моделирования получены прогнозные выработки электроэнергии 43-х ВЭУ мегаваттной мощности в ветровых условиях Северного Причерноморья Украины.

Важнейшей отличительной особенностью полученных показателей является использование фактических многолетних реальных замеров скоростей ветра и их распределения вероятностей по градациям на площадке АВЭС.

Именно в этом главное их отличие от тех гипотетических, которые использовали различные исследователи ранее. Поэтому эти количественные показатели и заложены в основу компьютерного моделирования. Числовым исследованием установлена многофакторная зависимость ожидаемой расчетной выработки электроэнергии конкретной ВЭУ.

В результате расчетных исследований впервые установлено, что, например, некоторые ветротурбины меньшей мощностью производят больше энергии, чем большей мощностью. Отсюда следует, что при выборе ВЭУ, ориентация только на показатель её номинальной мощности может привести к значительному снижению в производстве электроэнергии.

Разработка математической модели

Задача заключается в статистическом исследовании влияния отдельных параметров (объясняющих факторов): диаметра ВК, высоты оси ВК, номинальной мощности генератора и других на величину годовой выработки ВЭУ и в разработке математической модели (ММ) для данной зависимости. Полученная ММ позволит на мировом рынке целенаправленно отбирать (или проектировать) наиболее эффективные ВЭУ под ветровые условия конкретного места строительства промышленной ВЭС.

Корреляционное исследование стохастического влияния на годичную выработку турбины Q (МВт·час) – объясняемой переменной – объясняющих факторов: X_1 – номинальной мощности генератора (МВт); X_2 – диаметра ВК (м); X_3 – высоты расположения оси ВК (м) в сочетании с регрессионным исследованием позволили создать ММ.

Полученная модель имеет высокий коэффициент множественной корреляции R объясняемой переменной Q со всеми объясняющими факторами X_1 , X_2 и X_3 одновременно (0,9939); высокий коэффициент детерминации R^2 , нормированный на число факторов модели (0,9870); относительно небольшую стандартную ошибку (272,09 МВт·час). Модель значима в целом по Фишеру ($P_F < 2,04 \cdot 10^{-37}$). Уровень значимости коэффициентов при объясняющих факторах по Стьюденту крайне мал. Относительные ошибки коэффициентов регрессии не превышают 9,53%, то есть ММ не имеет видимых недостатков.

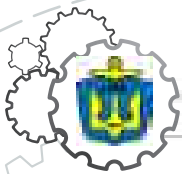


Таблица. Сопоставление выработок ДВП Очаковского ВП

Qм, МВт·час	8879	ВЭУ FL 2,5-100: X1 = 2,5 МВт, X2 = 100 м, X3 = 100 м ДВП Очаковского ВП ООО «УК «ВПУ», Николаевская область				
КИУМм, %	40,5					
Годы эксплуатации	2013	2014	2015	2016	2017	за 5 лет
Qэ, МВт·час	7828	7316	7275	7696	7900	7603
КИУМэ, %	35,7	33,4	33,2	35,1	36,1	34,7
Qм>Qэ на, %	11,8	17,6	18,1	13,3	11,0	14,4
КТИ ВЭУ	0,959	0,890	0,961	0,941	0,921	0,934
Q'м по КТИ	8515	7902	8583	8355	8176	8296
Соотношения Q'м > Qэ на, %	8,1	7,4	14,7	7,9	3,4	8,4

Полученная ММ имеет вид:

$$Q = -7126,25 + 1348,594 \cdot X_1 + 97,52617 \cdot X_2 + 28,81139 \cdot X_3 \quad (3)$$

Её смысл: повышение мощности ВЭУ на 1 МВт ведет к повышению годовой выработки турбины на 1348,594 МВт·час; повышение диаметра ВК на 1 м ведет к повышению годовой выработки на 97,526 МВт·час; повышение высоты ВК на 1 м ведет к повышению годовой выработки на 28,811 МВт·час.

Оценка результатов исследований

Достоверность и допустимость принятых идеализаций при разработке любой динамической модели реальной системы может быть проверена и оценена лишь сопоставлением результатов теоретических исследований с экспериментальными данными. Промышленная эксплуатация первых ВЭС и роза ветров в условиях Украины дала богатый опытный материал, позволяющий сравнить с ММ для повышения степени убедительности и обоснованности выводов.

С использованием впервые полученной ММ (3) оценим возможную годовую выработку электроэнергии Дмитриевским ветрополем (ДВП) Очаковского ветропарка, укомплектованного ВЭУ FL 2,5–100 за пятилетний период (таблица).

В верхней части таблицы (выделено жирно) представлены объясняющие факторы влияния X1, X2 и X3 ВЭУ FL 2,5–100 и рассчитана объяс-

няемая переменная: годовая выработка Qм = 8879 МВт·час и значением КИУМ = 40,5%.

В нижней части таблицы приведены реальные фактические выработки электроэнергии Qэ с фактическими значениями КИУМэ. Ежегодные значения Qэ меньше значений Qм (и это вполне закономерно, ведь в эксплуатации неизбежны простои по всевозможным причинам): минимум на 11% и максимум на 18% (среднее за 5 лет на 14,4%). С учетом реальных фактических значений коэффициента технического использования (КТИ) эти соотношения уменьшаются от минимальных 3, 4 до максимальных 14,7 (среднее за 5 лет 8,4%), что является вполне достоверным результатом. В Тузовском ветрополе (ВЭУ FL 2,5–100) аналогичная ситуация, только среднее за 5 лет уменьшение Qэ в сопоставлении с Qм сократилось до 5%.

Сопоставление результатов теоретических исследований с анализом промышленной эксплуатации ВЭУ, является убедительным доказательством правомерности впервые разработанной компьютерным моделированием математической модели. Важной особенностью разработанной модели является отсутствие при её использовании дополнительных непосредственных измерений различных параметров, в частности она не требует обработки метеоданных по репрезентативным МС, что способствует значительному снижению погрешностей.



Предложенная математическая модель производства электроэнергии ВЭУ позволяет быстро и достоверно определить её оптимальные параметры в зависимости от ветровой нагрузки территории, на которой предполагается строительство ВЭС.

Такой подход определяет практические достоинства работы, так как на стадии технического проекта дает возможность осуществить выбор ВЭУ с оптимальными технико-экономическими характеристиками.

Литература

1. Васько П.Ф. Определение технических показателей эффективности использования агрегатов в Украине / П.Ф. Васько, А.А. Брыль, П.П. Пекур // Энергетика и электрификация. – 1995. – №2. – С. 48 – 51.
2. Півень Л.З. Визначення вітроенергетичного потенціалу за допомогою короткострокової анеморозвідки / Л.З. Півень // Винахідник і раціоналізатор. – 1999. – №1-2. – С. 32 – 33.

*В. Рябенкий, докт. техн. наук, профессор,
Ш. Ихсанов, доцент, А. Дьяконов, доцент*

Совершенствование алгоритма выделения сигналов морских судов в технологии AIS в условиях плотного потока сообщений

Проведена оптимизация алгоритма выделения сигналов AIS в условиях плотного потока сообщений. Благодаря разработанному алгоритму количество корректно принятых сообщений возросло более чем в 2 раза по сравнению с алгоритмом корпорации MathWorks, представленным в Matlab 2019.

На кафедре программируемой электроники, электротехники и телекоммуникаций Национального университета кораблестроения им. адмирала Макарова в научных и учебных целях ведутся исследования сигналов морских и речных судов в технологии AIS (Automatic Identification System) [1,2]. В настоящее время в круглосуточном режиме функционируют две станции приема AIS-сигналов на базе аппаратно-программных решений греческого проекта MarineTraffic (на здании Института автоматики и электротехники – MarineTraffic Station № 4757 и на базе отдыха НУК в Очакове – MarineTraffic Station № 5064). В качестве базового алгоритма выделения и исследования сигналов на кафедре использу-

ется программа с открытым кодом aisLiveData корпорации MathWorks (версия MATLAB R2015). Оптимизация программы позволила увеличить количество правильно декодированных сообщений более чем в 3 раза. Однако, анализ квадратурной информации со штатных антенн, которые позволяют принимать плотный поток сообщений, показал, что в этих условиях требуется дальнейшее совершенствование алгоритма. Это совершенствование было выполнено на последней программе корпорации MathWorks, которая используется в версии MATLAB R2019.

Для сравнения эффективности программ использовались записи квадратурной информации с выхода приемника RTL-SDR при под-

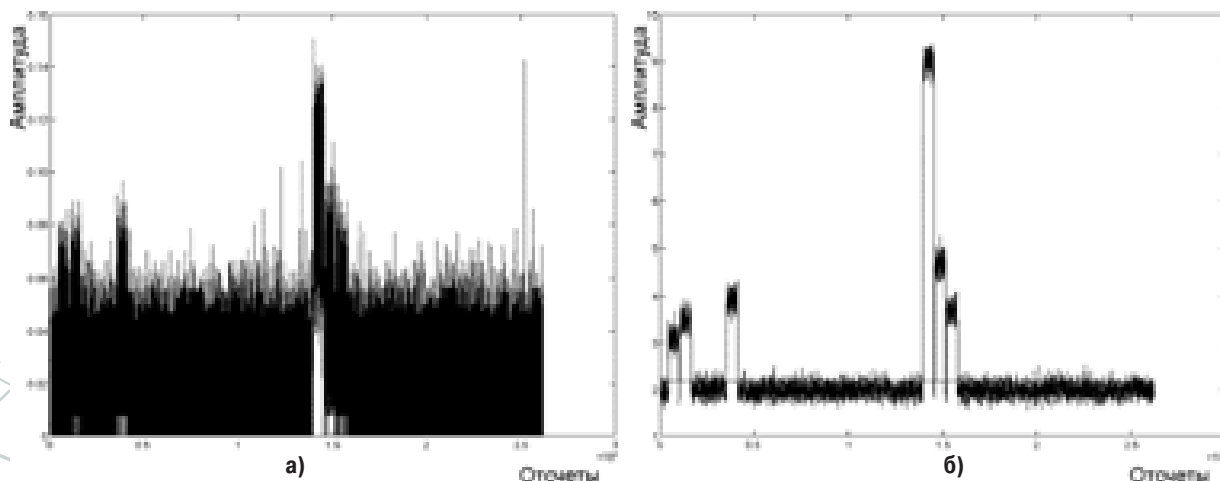
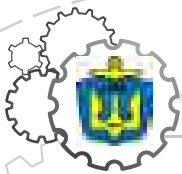


Рис. 1. Исходная амплитудная развертка для одного из фреймов

ключении к нему штатной антенны станции № 4757. Прием проводился на частоте работы передатчиков судов класса А.

Основная идея доработок заключается в необходимом скользящем сглаживании амплитуд принятого фрейма и метода выставления порога для определения зон наличия AIS-сигналов, независимо от их количества и энергетики, с привязкой к возможной их длительности [3]. На рис. 1, а) приведена исходная амплитудная развертка для одного из фреймов, на рисунке 1, б) – та же развертка после скользящего сглаживания.

Как отмечалось в [1], сигналы от разных судов могут иметь смещение по частоте до 60 КГц, которое обычно компенсируется двумя методами – спектральным и по развернутой фазе. В предлагаемой авторами программе на развернутой фазе ищутся интервалы с достаточной длиной и малым изменением фазы. В каждом таком интервале отдельно проводится определение скорости изменения фазы линейным методом наименьших квадратов.

Результаты по всем интервалам либо взвешенно усредняются, либо отдается предпочтение наиболее длинному интервалу в зависимости от разброса полученных измерений. В данном фрейме из всех шести сигналов рассматриваемой программой выделены сообщения с корректными MMSI (Maritime Mobile Service Identity).

Получено, что версия программы корпорации MathWorks, представленная в Matlab 2019, позволяет в среднем увеличить количество выделяемых сообщений более чем в 2 раза по сравнению с версией в Matlab 2015. Примерно такие же результаты получены программой первого этапа кафедральной оптимизации. Новая оптимизация программы, направленная на успешную работу в условиях плотного потока сообщений, позволила увеличить количество выделяемых сообщений более чем в 2 раза по сравнению с программой, представленной в Matlab 2019. Проведен так же анализ возможных отклонений и сбоев в работе технологии AIS.

Литература

1. Дьяконов А.С. Рябенкий В. М., Ихсанов Ш. М. Прием и исследование сигналов морских судов в технологии AIS : Матеріали міжнародної науково-практичної конференції Modern information and innovation technologies in transport MINTT-2019. May 28-30, 2019 Kherson, Ukraine. Тези доповіді — с. 173-176.
2. Ихсанов Ш.М., Рябенкий В. М., Дьяконов О. С. Дослідження сигналів реальних інформаційних систем з використанням приймачів RTL-SDR : навч. посіб. / Ш. М. Ихсанов, В. М. Рябенкий, О. С. Дьяконов. — Миколаїв, 2018. — 183 с.
3. Recommendation ITU-R M.1371-5. Technical characteristics for an automatic identification system using time division multiple access in the VHF maritime mobile frequency band : International Telecommunication Union. Radiocommunication Sector of ITU. — Electronic Publication, Geneva, 2014. — 150 p.



О. Сизоненко, докт. техн. наук, професор
Є. Липян, канд. техн. наук.

Спосіб керування складом при синтезі карбідотитанових твердих сплавів

Наведена проблематика інноваційної діяльності, зокрема, освоєння нових технологій виробництва матеріалів, широке застосування технологій більш чистого виробництва та охорони навколишнього природного середовища, освоєння нових технологій високотехнологічного розвитку транспортної системи, ракетно-космічної галузі, авіа- і суднобудування, озброєння і військової техніки

Сучасне виробництво потребує дешевих та доступних, екологічно безпечних інструментальних матеріалів для різальних та штампових інструментів і деталей машин, що працюють в умовах інтенсивної абразивної дії. Традиційно в якості таких матеріалів виступали тверді сплави на основі карбіду вольфраму з кобальтом. Однак, зважаючи на дефіцитність та високу вартість сировини для їх виготовлення, великого значення набув напрямок створення безвольфрамових твердих сплавів, які, як правило, також не містять кобальту.

Аналіз розвитку методів створення безвольфрамових твердих сплавів показав перспективність напрямку пошуку шляхів створення карбідотитанових твердих сплавів зі сталеву (залізну) зв'язкою. Ефективна реалізація цього напрямку можлива лише при використанні сучасних способів підготовки та синтезу композиційних порошків, призначених для спікання безвольфрамових твердих сплавів, що включають методи синтезу зміцнюючих фаз, диспергування та перемішування разом із металеву фазу. Традиційні підходи створення безвольфрамових твердих сплавів передбачають легування карбіду титану дорогими компонентами (зокрема, VC, NbC, WC); виконання додаткової термокомпресійної обробки спеченого матеріалу в захисному середовищі; виконання окремих послідовних операцій (замість одночасних) підготовки шихти карбідів, їх попереднього синтезу, очищення спеків від зневуглецьованого шару, подрібнення та просіювання, змішування з металами зв'язки, що призводить до підви-

щення трудомісткості та вартості одержуваних матеріалів.

Тверді сплави з залізною (сталеву) матрицею можуть вміщувати від 30 до 92 мас. відсотків карбіду титану, причому зі зростанням його кількості зазвичай збільшуються твердість та зносостійкість, проте зменшуються в'язкість та пластичність. Відхід від традиційних методів не дозволяє ефективно керувати функціональними властивостями одержуваного матеріалу виходячи зі співвідношення вмісту твердої фази та матричного матеріалу.

Одним з перспективних методів підготовки порошків до консолідації, що включає цілеспрямовану зміну дисперсності і хімічного складу початкових порошків, є використання електричного розряду для впливу на дисперсні системи «рідина – порошок». До нього входять процеси утворення низькотемпературної плазми, у тому числі на кордоні розділу середовищ метал – діелектрична рідина, ударні хвилі, потужні гідропотоки, кавітація, акустичні та електромагнітні поля [1;2;3]. Проте розробка методів отримання карбідотитанових твердих сплавів у два етапи, що включають процеси електророзрядного синтезу шихти та консолідації карбідотитанових твердих сплавів, і їх вплив на структуру і властивості одержуваних матеріалів на сьогодні були практично не вивчені.

У винаході [4] було запропоновано підхід, що передбачає визначення складу вихідної суміші порошків та необхідної питомої енергії високовольтних електричних розрядів. Необхідні рівні питомої енергії були визначені в результаті проведення чисельних експеримен-

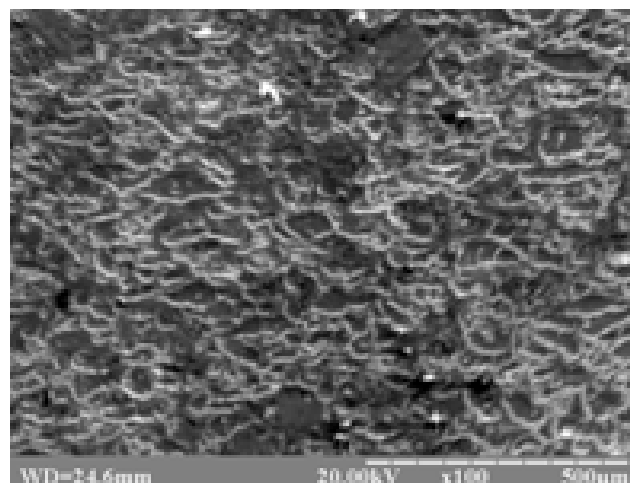
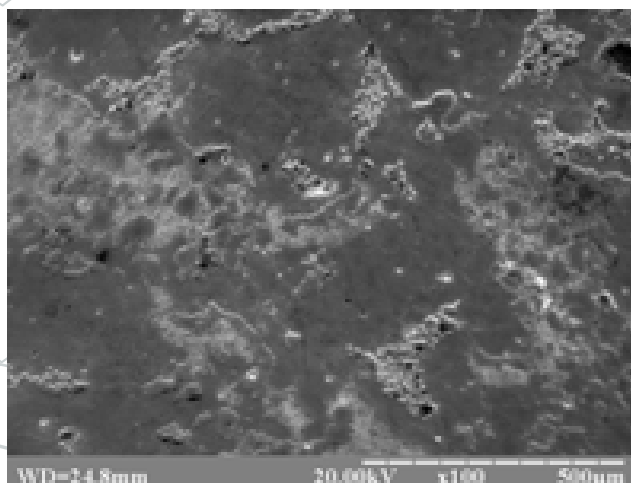
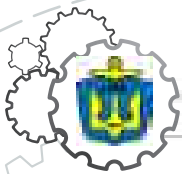


Рис. 1. Мікроструктура матеріалу з вихідних порошків (зліва) та одержаного запропонованим способом (справа)

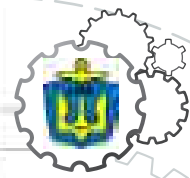
тів. Було визначено, що використання суміші порошків, яка містить: титан – 26...90 мас. відсотків, залізо – решта, а високовольтні електричні розряди здійснюють з питомою енергією $W_{\text{пит.}}$, яку вибирають в діапазоні від $W_{\text{пит.}} = 8,3$ [МДж/кг] до $W_{\text{пит.}} = 0,32 \cdot \text{CT}_i$ [МДж/кг], де CT_i [%] – кількість титану, що містить суміш порошків дозволять змінювати співвідношення вмісту твердої фази та матричного матеріалу при підготовці шихти та подальшій консолідації. Це дозволило змінювати співвідношення вмісту твердої фази та матричного матеріалу при підготовці шихти та подальшій консолідації (рис. 1).

Література

1. Sizonenko O.N. Grigoryev E.G., Zaichenko A.D., Pristash N.S., Torpakov A.S., Lipyan Ye.V., Tregub V.A., Zholnin A.G., Yudin A.V., Kovalenko A.A. Plasma methods of obtainment of multifunctional composite materials, dispersion-hardened by nanoparticles. High Temperature Materials and Processes. 2017. Vol. 36, No. 9. P. 891–896.
2. Липян Е. В., Сизоненко О. Н. Электроразрядная подготовка шихты для получения карбидтитановых твердых сплавов. Наукові нотатки : міжвуз. зб. Луцьк : ЛНТУ, 2017. Вип. 59. С. 350–357.
3. Липян Є.В., Сизоненко О.М., Олійник Н.О. Структура карбідтитанових твердих сплавів, що отримано електророзрядним синтезом. Породоруйнівний та металооброблювальний інструмент – техніка і технологія його виготовлення та застосування : зб. наук. пр. – Київ : ІНМ, 2019. Вип. 22. С. 428–436.
4. Пат. 118912 Україна (винахід). Спосіб одержання карбідтитанових твердих сплавів / Сизоненко О.М., Липян Є.В. Опубл. 11.02.2019.

Внаслідок цього стає можливим керувати функціональними властивостями одержуваного матеріалу. У будь-якому разі спосіб забезпечує отримання матеріалів з високою зносостійкістю. Крім того, це дозволяє виключити необхідність у використанні дорогих і дефіцитних легувальних компонентів.

Результати, які представлені в даній роботі, є частиною досліджень, що виконуються групою випускників Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова: А.Д. Зайченко, Є.В. Липян, М.С. Присташ, А.С. Торпаков, В.О. Трегуб під керівництвом д.т.н., проф. О.М. Сизоненка.



**В. Рябенкий, докт. техн. наук, професор,
О. Ушкаренко, доцент**

Технологія керування збудженням суднового синхронного генератора в динамічних режимах роботи

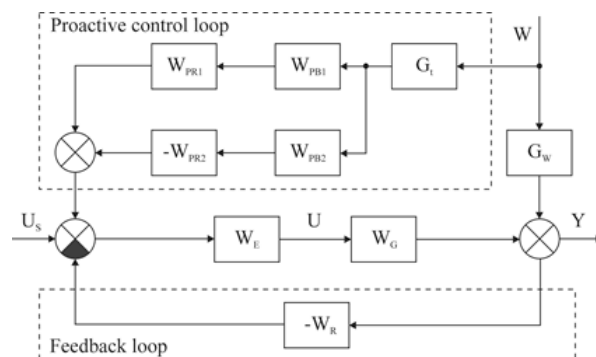
Описано технологію керування збудженням суднового синхронного генератора в динамічних режимах роботи електроенергетичної системи для зменшення провалів напруги, яка обумовлює необхідність врахування величини зовнішніх збурень при визначенні величини та часу форсування збудження генератора. Описано оригінальні рішення в отриманих патентах України на спосіб упереджувачої зміни напруги збудження генератора.

Прямий пуск асинхронного двигуна (АД) в судновій електроенергетичній системі (СЕЕС) має ряд негативних наслідків як для асинхронного двигуна [1, 2], так і для інших споживачів. Прямий пуск АД особливо сильно впливає на зниження напруги в судновій мережі [3]. Якщо значення і тривалість провалу напруги, спричинене запуском АД, вище, ніж значення передбачені налаштуваннями систем захисту, це може призвести до спрацьовування систем захисту та знеструмлення електростанції, оскільки така ситуація може бути помилково ідентифікована як коротке замикання.

Мета даної роботи полягає у розробці структурної схеми системи, що реалізує технологію упереджувачого керування збудженням судновим синхронним генератором (ССГ) для зменшення провалів напруги в динамічних режимах роботи СЕЕС, а саме – під час прямого пуску АД.

На мал. 1. представлено структурну схему системи керування збудженням ССГ. На малюнку використано наступні позначення: U_s – опорне значення напруги, W_E – система збудження генератора, U – скоригований сигнал на обмотку збудження генератора, W_G – синхронний генератор, Y – вихідний сигнал, $-W_R$ – ПД-регулятор напруги і струму, $-U_R$ – сигнал з регулятора. Контур упередження складається з наступних блоків: РВ1 та РВ2 – реле часу,

що спрацьовує при надходженні сигналу від датчика збурення G_I , W_{DG} і $-W_{PR}$ – упереджувачі регулятори. G_W – асинхронний двигун (є ініціатором збурення W в момент включення).



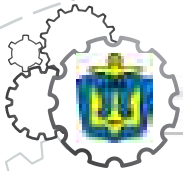
Мал. 1. Структурна схема системи упереджувачого керування збудженням

Передатна функція всієї системи упереджувачого керування має вигляд:

$$W_c(s) = \frac{Y(s)}{U_c(s)} = \frac{W_E(s) \cdot W_G(s)}{1 + W_E(s) \cdot W_G(s) \cdot W_R(s)} \cdot \left(1 - \frac{(-W_R(s) \cdot G_I(s) \cdot W_E(s) \cdot W_G(s) + G_W(s)) \cdot W(s)}{W_E(s) \cdot W_G(s) \cdot U_c(s)} \right)$$

У випадку ідеального упередження, що повністю компенсує збурення, система зворотного зв'язку прийме вигляд:

$$W_c(s) = \frac{Y(s)}{U_c(s)} = \frac{W_E(s) \cdot W_G(s)}{1 + W_E(s) \cdot W_G(s) \cdot W_R(s)}$$



Сигнал W(S) скорочується й більше не входить у передатну функцію. Тому збурення не буде робити ніякого впливу на вихідну величину. Зазначена технологія упереджуючого керування та її реалізація у вигляді функціональної структури захищені отриманими патентами України на корисні моделі [4, 5].

Аналіз процесів, що відбуваються в СЕЕС при пуску АД дозволяє зробити висновок, що існує оптимальний набір значень для величини форсування напруги збудження і часу форсування. У загальному випадку отримані значення відрізняються для різних потужностей АД. Використання технології упереджуючого керування збудженням ССГ в СЕЕС містить етап, пов'язаний з визначенням оптимального значення

величини та часу форсування напруги збудження шляхом моделювання. Для цього оператор електростанції або автоматизована система управління налаштовує параметри системи та досліджує процес прямого пуску АД. Одночасно вимірюється максимальне значення провалу напруги на шинах ГРЩ. Шляхом зміни налаштувань системи збудження досягається мінімальне значення провалу напруги. Отримані при моделюванні значення далі використовуються в реальній системі. Коли надходить команда запуску АД відбувається форсування збудження, після чого дається команда на підключення АД до шин ГРЩ.

Література

1. Pedra Joaquín. Effects of symmetrical voltage sags on squirrel-cage induction motors / Joaquín Pedra, Luis Sainz, Felipe Córcoles // Electric Power Systems Research. – 2017. – Vol. 77 (2017). – No.12. – P. 1672-1680.
2. Krygier Jerzy. Selected problems of starting of submersible induction motors / Jerzy Krygier, Tomasz Zarębski // Przegląd Elektrotechniczny. – 2004. – No.1. – P. 62-65.
3. Hardi S. Effects of Different Voltage Sag Types on Induction Motor / S. Hardi [et al.] // Applied Mechanics and Materials. – 2015. – No. 793. – P. 262-266.
4. Пат. №64995 Україна, МПК H02M 1/08 (2006.01). Функціональна структура управління збудженням синхронного генератора при зміні частоти вихідної напруги / Рябенський В.М., Ушкаренко О.О., Дубовик Я.А.; заявник і патентовласник НУК ім. адм. Макарова. – Заяв. №U201104954 від 20.04.2011; Опубл. 25.11.2011 р. Бюл. №22.
5. Пат. №65011 Україна, МПК H02M 1/08 (2006.01). Спосіб упереджуючої зміни напруги збудження генератора при підключеному асинхронному двигуні / Рябенський В.М., Ушкаренко О.О., Дубовик Я.А.; заявник і патентовласник НУК ім. адм. Макарова. – Заяв. №U201104996 від 20.04.2011; Опубл. 25.11.2011 р. Бюл. №22.



Л. Теляшов, академик УАН

Энергетические ресурсы Черного моря и возможности их освоения

По устоявшемуся мнению, человечеству недолго осталось пользоваться углеводородами (УВ), в ближайшее время иссякнут запасы нефти, затем природного газа и несколько позднее – угля. Проблема энергетических ресурсов Украины (и не только) представляется в ином свете при учете современного процесса смены парадигмы физики и геофизики. Для решения указанной проблемы, в помощь специализированным институтам страны, предлагается использование опыта инженеров и ученых – выпускников НУК, работающих в Университете и за его пределами.

Эволюция парадигмы

Развитие «по спирали» характерно не только для эволюции человечества, но и, конкретно, для науки. До начала прошлого века большинство ученых мира отдали дань теории эфира, как первоматерии Вселенной, а Д.И. Менделеев даже поместил его в своей таблице на первом месте под названием Ньютоний. Затем наступила эпоха релятивизма, которая базировалась на новой парадигме физики с утверждением абсолютного вакуума и постоянства скорости света. После безуспешных попыток создания единой теории поля Альберт Эйнштейн признал невозможность описания картины мироздания без участия эфира. Но к тому времени в мировом научном сообществе уже сформировалось новое направление, в основном за счет молодых сторонников теории относительности. Занятие наукой приобрело почти массовый характер с характерной инерцией мышления.

Во второй половине ХХ-го столетия накопившиеся парадоксы и неразрешимые противоречия в физике начали склонять научное сообщество к возврату (пока неполному) прошлого мировоззрения. Так в арсенале терминологий физики появилось понятие «физического вакуума» и начали переиздаваться труды корифеев науки [1, 2], а также публиковаться книги современных авторов [3-5], включая бывшего сотрудника национально университета кораблестроения (НУК) – П.Д. Прусова.

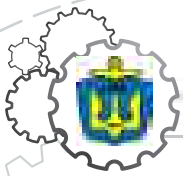
Любопытно, что в космических легендах Индии 4000-летней давности говорится не о притяжении Земли, а о придавливании к ней

объектов потоком всепроникающей материи, которая устремляется к центру Земли. Эти древние знания подтверждаются явлением постоянного роста массы и размера Земли, что было отмечено в работах нашего соотечественника И.О. Яковского (начиная с 1887 г.). Он не только обратил внимание на загадку постоянного роста Земли и указал на причину – поглощение эфира и превращения его в вещество, а также экспериментально доказал эфиродинамический механизм гравитации. Позднее выходит книга В.Ф. Блинова «Растущая Земля: из планет в звезды».

Абиогенная природа УВ, как следствие «нового» мировоззрения

Абиогенные теории происхождения УВ предлагались еще 3 столетия назад: А. Гумбольдт (1805); М. Бертоло (1866) экспериментально получил при высокой температуре ацетилен, который далее может превращаться в тяжелые УВ; Г. Биассон (1871); Д. Менделеев (1877) – карбидная теория происхождения нефти.

В.И. Вернадский отмечал важность «дыхания Земли» и его связь с образованием в её недрах рудных и нерудных материалов. Подтверждением правомерности этих гипотез явился ряд открытий. Так в 80-е годы группа ученых под руководством академика А.В. Сидоренко обнаруживает повсеместное истечение метана с поверхности Земли и называют открытое явление «углеводородным дыханием Земли». Справедливости ради, следует отметить, что наша планета "выдыхает" также углекислый газ, аммиак, азот, водород, гелий,



аргон и другие газообразные вещества, что дополнительно ставит под сомнение биологический механизм происхождения УВ.

На базе знаний о подземном газообразовании разработано ряд моделей Земли. Из ранних – кислородно-водородная модель Н.П. Семененко [6]. Эта модель подразумевает и объясняет абиогенную природу УВ. Именно водород играет ключевую роль, составляя основу всех углеводородов нашей планеты, отмечает В.Н. Ларин [7] и предлагает модель образования ископаемых энергоносителей. Там, где струи водорода попадают в обогащенные углеродом толщи, идут реакции гидрогенизации, формируются нефтеносные провинции и места рождения природного газа. Используя эту модель, можно без труда обнаруживать расположение подземных запасов УВ путем регистрации потоков водорода у поверхности земли с помощью специальных анализаторов. Не исключено, что на решение США расконсервировать свои скважины УВ оказали работы В.Н. Ларина, в которых указывается на то, что углеводороды являются возобновляемыми энергоносителями.

Углеводородные газовые потоки образуются повсюду, где у земной коры имеется верхний чехол – осадочная толща (стратисфера). Интересно, что геологи по привычке говорят о запасах газообразных УВ и оценивают их количество в стратисфере планеты в 1016-1018 м³, хотя корректнее было бы говорить о емкости пористо-полостной части стратисферы, через которую просачиваются газы. Естественно, что газы скапливаются в полостях с подземными водами или нефтью, а также в шахтах, встречающихся на пути газовых потоков. В пластовых водах Восточной Европы постоянно находится четыре тысячи триллионов кубометров УВ газов. Один кубометр пластовых вод может содержать до 7 м³ растворенного газа. Газовые потоки проходят и через геологические слои дна морей и океанов, где это возможно.

Газогидраты – перспективный вид УВ

О газогидратах (ГГ) написано достаточно, чтобы не вдаваться в подробности их возникновения и добычи, напомним лишь заслуги отечественных ученых – предсказание возможности образования ГГ в 1946 г. профессором И.Н. Стрижовым с последующей регистрацией открытия коллективом ученых во главе

с академиками А.А. Трофимуком и Н.В. Черским. Затем Ю.Ф. Макогон получил ГГ в лабораторных условиях. Нетрудно заметить, что все моря и океаны являются гигантскими фабриками по производству ГГ и чем мощнее осадочный слой, тем больше производительность фабрики. Именно в отношении осадков Черное море является рекордсменом – его осадочный слой самый мощный в мире (14 км). Черное море уникально тем, что содержит огромное количество сероводорода. Не менее ста миллионов тонн органики в год погружается в нижний слой моря и поглощается сульфатредуцирующими бактериями, которые производят сероводород – H₂S. Последний вместе с природным газом (поступает из недр Земли) и водой образует плотное льдоподобное соединение – газогидраты, в одном объеме которых содержится более 150 объемов газов. В глубоководной части Черного моря запасы метана в ГГ оцениваются геологами Украины в 60...75 трлн м³. Обратите внимание – по-прежнему говорят о запасах, т.е. о некоторой конечной величине. Постоянное образование ГГ с участием сероводорода позволяет вскрыть причину необъяснимого ранее несоответствия между огромным количеством производимого бактериями сероводорода и практически постоянным уровнем сероводородной зоны. Сероводород непрерывно упаковывается в ГГ соединения высокой плотности, превращаясь из рассеянного энергоресурса в концентрированные – залежи. А Черному морю, к нашей радости, не грозят ни участь Мертвого моря, ни глобальный взрыв.

Таким образом, Черное море предстает как возобновляемый и потому неисчерпаемый источник углеводородов.

В современных (молодых) ГГ месторождениях поры осадочных пород на 30...70 % заполнены гидратами, а остальная их часть – свободным газом. Со временем эти горизонты полностью насыщаются твердой фазой, т.е. становятся непроницаемыми для свободного газа. Затем под гидратонасыщенным слоем формируются обычные газовые залежи. Подобные месторождения образуются на глубинах 300...1800 м. В Черном море высока вероятность того, что в его гигантской осадочной толще образовалось несколько таких двухслойных пирогов (газогидраты – свободный газ).



Возможности добычи УВ в настоящее время

Разработке доступна лишь северо-западная часть шельфа Черного моря, а это значит, что в рамках национальной программы возможна только добыча нефти и газа. А газогидраты возможно добывать вместе со странами причерноморья на глубинной части Черного моря. План освоения ГГ отложений предложен коллективом под руководством Е.Ф. Шнюкова [8].

Сейчас в распоряжении геологов есть такие наукоемкие методы геофизических исследований, как гравиметрия, геоэлектрические методы становления короткоимпульсного электромагнитного поля (СКИП) и вертикального электрорезонансного зондирования (ВЭРЗ). Последние в комплексе являются экспресс-технологией СКИП-ВЭРЗ. Указанные методы могут быть дополнены новыми электрогидроимпульсными (ЭГИ) средствами морской сейсмоакустики, которые разрабатывались, с участием автора статьи в Институте импульсных процессов и технологий (ИИПТ) НАНУ г. Николаев. ЭГИ излучатели создают мощные широкополосные гидроакустические видеоимпульсы, которые обеспечивают дифференцированное зондирование геологических структур разной плотности и, соответственно, экзогенности. В результате рекогносцировочных работ, проведенных в 2002 г. институтами страны с ГП «Центр геотехнологий», намечены перспективные направления поисково-разведочных работ на прилегающих акваториях (шельфе) южных областей Украины [9]. Возрастающий в мире интерес к морским энергоресурсам и вложение в это направление огромных средств обуславливают тезис:

Развитие морской нефтегазовой промышленности является стимулом восстановления и модернизации отечественного судостроения.

Современные нефтегазовые платформы представляют собой сложное техническое сооружение (рис. 1), как правило с вертолетной площадкой. Кроме того, процесс добычи и транспортировки УВ нуждается в развитом техфлоте – в так называемых судах оффшорного флота, которые обеспечивают нефтегазовую индустрию (разведку месторождений, бурение скважин, установку стационарных платформ, создание подводной инфраструктуры, прокладку трубопроводов, обеспечение нефтяных и газовых платформ, проведе-

ние дноуглубительных операций, прокладки и ремонт кабелей и многое другое).

Формирования такой промышленности в Украине является неподъемной задачей из-за отсутствия необходимых средств и специалистов-профессионалов. Подготовка таких специалистов на базе НУК возможна при определенных условиях. Так потребуются создание нового института (в составе университета) или кафедр с переподготовкой и подготовкой преподавателей в зарубежных учебных заведениях и ведущих компаниях типа Shell.

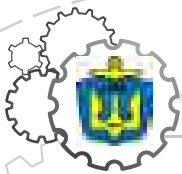
На первых порах целесообразно также создание современной службы морской геологической разведки с нетрадиционным приборным оснащением и цифровой комплексной обработкой результатов. Такая система может даже превосходить мировые стандарты, что само по себе является коммерческим ресурсом. Составления подробных карт структуры шельфа обеспечивает сокращение предстоящих расходов на поисковые работы. Кроме того, благодаря такой подготовке, добывающие компании с большей готовностью берут участки в концессию, а производители нефтегазовых платформ, как правило, способствуют получению целевых кредитов для приобретения соответствующего оборудования.

Таким образом, просматривается поэтапный план обеспечения Украины энергоресурсами Черного моря:

- организация подготовки специалистов по морской геологоразведке, добычи углеводородов и проектирования судов оффшорного флота;
- создание оборудования и программ для комплексного зондирования недр под дном моря;



Рис. 1. Платформа Shell



- составление подробных карт структуры северо-западного шельфа Черного моря;
- аренда или приобретение нефтегазовых платформ и организация их производства;

- возрождение судостроительных заводов в г. Николаеве для постройки специализированных судов и переориентация одного из заводов металлоконструкций под выпуск нефтегазовых платформ.

Литература

1. Ф.Ленард, Дж.Дж.Томсон, Л.Саутсернс, Н.Кемпбелл, М.Планк. Эфир и материя. М. КомКнига. 2007. – 160 с.
2. Уиттекер Э. История теории эфира и электричества. – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. – 512 с.
3. Селин А.А. К основам существования материи. – Дн-петровск,: МАБЭТ, 1996. – 292 с.
4. Ацюковский В.А. Общая эфиродинамика. Моделирование структур вещества и полей на основе представлений о газоподобном эфире. Издание второе. М.: Энергоатомиздат, 2003. – 584 с.
5. Бурого С.Г. Круговорот эфира во вселенной. – М.: КомКнига, 2005. – 200 с.
6. Семененко Н.П. Геохимическая кислородно-водородная модель Земли: Препр. / АН УССР, Ин-т геохимии и физики минералов. – Киев, 1974. – 16 с.
7. Лузин Б.А. Эфир и мироздание, или конец релятивизму. – Пермь.- 424 с.
8. Дорожная карта освоения черноморских газогидратов метана в Украине / Е.Ф. Шнюков, В.П. Коболев, С.В. Гошовский // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. — 2018. — Т. 14, № 3. — С. 5-21
9. Приоритетные направления поисково-разведочных работ на нефть и газ на территории Одесской, Николаевской, Херсонской областей и прилегающей акватории Черного моря / А.И. Самсонов. С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин, И.В. Сухенко, Д.Н. Божежа // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. — 2006. — № 3. — С. 22-34

**О. Чередніченко, канд. техн. наук, доцент,
заслужений винахідник України**

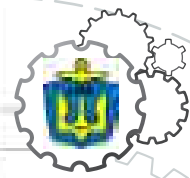
Безперервне вимірювання теплоти згорання суміші газів парової конверсії вуглеводневого палива

Обґрунтовано доцільність проведення конверсії вуглеводневого палива вторинними енергоресурсами теплових двигунів. Запропоновано непрямий спосіб для вимірювання теплоти згорання продуктів парової конверсії, який заснований на вимірюванні об'ємної витрати, тиску, температури і перепадів тиску тарувального і досліджуваного газу. Наведено схему пристрою для вимірювання теплоти згорання суміші газів парової конверсії спиртів.

Підвищення ефективності використання потенціалу енергоносіїв в сукупності з мінімізацією шкоди навколишньому середовищу – парадигма проектування енергетичного обладнання в сучасному світі. Необхідність виконання вимог законодавчих актів Міжнародної морської організації (ІМО), щодо зниження впливу суднової енергетики на нав-

колишнє середовище визначає запит практики, спрямований на раціональне використання енергії палива в суднових енергетичних установках.

Термохімічні технології перетворення енергії є одним з перспективних напрямків, який дозволяє поліпшити не тільки показники енергоефективності, а й екологічні характеристики



енергетичного обладнання. Ефективність термохімічної регенерації тепла відпрацьованих газів теплових двигунів суднових енергетичних установок може бути оцінена по витраті базового палива та теплоті згоряння продуктів конверсії.

Існує багато способів визначення теплоти згоряння горючих газів, які базуються на прямих та непрямих методах вимірювання. До способів, які базуються на прямих методах вимірювання відносяться способи, які засновані на спалюванні газу в калориметрі та способів, які засновані на реєстрації теплового потоку від міні-факелу. Вимірювання такими способами потребують багато часу (більше 10 годин) або характеризуються меншою точністю.

До непрямих методів відносяться методи, які засновані на функціональних зв'язках деяких параметрів, які характеризують початковий газ або процес його окиснення (згоряння) з теплою спалювання газу, наприклад хроматографічний метод, або способи, які пов'язані з вимірюванням густини газу.

Відомі способи вимірювання теплоти згоряння основних горючих компонентів газу, а саме природного газу шляхом вимірювання параметрів потоку з подальшим визначенням густини газу та розрахунком теплоти згоряння по емпіричній лінійній залежності теплоти згоряння основних горючих компонентів природного газу від їх густини [1]. Проблематичне використання з достатньою точністю існуючій емпіричній лінійній залежності для вимірювання теплоти згоряння суміші газів парової конверсії спиртів в умовах температур та тисків, які відрізняються від нормальних. Апаратура для реалізації вищевказаного способу передбачає вимірювання параметрів потоку з подальшим визначенням густини газу за рахунок вимірювання швидкості звуку в газі та в повітрі. При цьому пристрій для здійснення цього способу достатньо складний, вимірювання потребують багато часу, ускладнене використання пристрою для безперервного вимірювання теплоти згоряння.

Інший пристрій передбачає визначення теплоти згоряння природного газу за його компонентним складом, який оцінюють за вимірними значеннями швидкості поширення ультразвуку та вмістом діоксиду вуглецю та здійснюється за допомогою блоку обробки, в основу роботи якого покладено алгоритми штучних нейронних мереж [2].

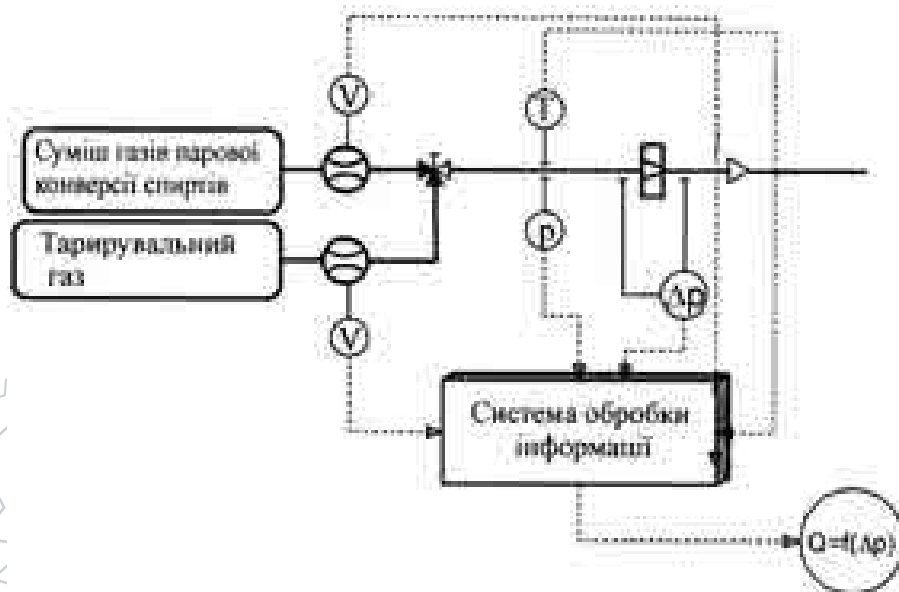
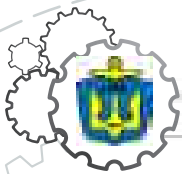
В Науково-Дослідному Інституті Енергетики та Машинобудування НУК розроблений спосіб вимірювання теплоти згоряння суміші газів парової конверсії спиртів шляхом вимірювання параметрів потоку з подальшим розрахунком теплоти згоряння по емпіричній залежності, в якому передбачається вимірювання для суміші газів та тарирувального газу (повітря) об'ємної витрати, тиску, температури та перепадів тиску з подальшим визначенням теплоти згоряння суміші газів парової конверсії спиртів згідно запропонованої емпіричної нелінійної залежності [3].

В лабораторії НДЦ «Перспективні енергетичні технології» Машинобудівного навчально-наукового інституту НУК для здійснення запропонованого способу був створений пристрій для вимірювання, до складу якого входить перетворювач змінного перепаду тиску (витратомірна діафрагма), прилади для вимірювання об'ємної витрати, датчики тиску, температури, перепаду тиску (мал. 1).

Подальше визначення теплоти згоряння суміші газів парової конверсії спиртів виконується блоком системи обробки інформації, що реалізує обчислювальний алгоритм згідно емпіричної нелінійної залежності $Q = a\bar{\rho}^b$ де Q – теплота згоряння газу; $\bar{\rho}$ – відносна густина суміші газів, яка визначається як $\bar{\rho} = (\Delta p / \Delta p_T) \cdot (W_T / W)^2$, де Δp та Δp_T – перепади тиску потоку суміші газів та потоку тарирувального газу на перетворювачі змінного перепаду тиску, які перераховані до нормальних умов, W_T та W – об'ємної витрати тарирувального газу та сухої суміші газів; a та b – коефіцієнти, які залежать від складу суміші газів.

Проведено експериментальне дослідження теплоти згоряння суміші газів парової конверсії біоетанолу та верифікація отриманих результатів, яка свідчить про достатню точність вимірювання запропонованим методом.

За рахунок вимірювання параметрів потоку тарирувального газу виконується процедура тарування апаратури. Це дозволяє підвищити точність вимірювань теплоти згоряння основних горючих компонентів суміші газів парової конверсії спиртів. Використання в складі пристрою нескладної типової апаратури надає можливості суттєво спростити процес вимірювання. Система обробки інформації дозволяє автоматизувати процес вимірювання та зробити його безперервним.



Мал. 1. Схема пристрою для визначення теплоти згорання продуктів парової конверсії

Запропонований метод та пристрій для його реалізації надали можливість визначення теплоти згорання продуктів парової конверсії спиртів в режимі реального часу при експериментальному дослідженні процесів термохімічної регенерації тепла.

Результати досліджень використовуються при виконанні імітаційних розрахунків робочих процесів в камерах згорання ГТД, що працюють на продуктах термохімічної конверсії. Встановлено, що використання продуктів

термохімічної обробки палива в газотурбінних двигунах енергетичних установок забезпечує стабільність робочих процесів в двигуні та зменшення вмісту у відпрацьованих газах оксидів азоту та оксиду вуглецю.

Висновки, які представлені в даній роботі є частиною досліджень, що виконуються групою науковців Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова під керівництвом проф. М.Р. Ткача, проф. Б.Г. Тимошевського, проф. С.І. Сербіна.

Література

1. Patent 4246773 United States, G01N 29/02 Combustion property of gas measuring apparatus [Текст]/ Masao Haruta, Osaka Gas company Ltd.-appl. № 22357; Mar 20, 1979; data of patent Jan 27, 1981
2. Пат. 48121 Україна (корисна модель). Пристрій для експрес-визначення теплоти згорання природного газу / Карпаш О.М., Дарвай І.Я. Опубл. 10.02.2010.
3. Пат. 114698 Україна (винахід). Спосіб вимірювання теплоти згорання суміші газів парової конверсії спиртів та пристрій для його здійснення / Чередніченко О.К., Ткач М.Р., Тимошевський Б.Г. Опубл. 25.07.2017.