Міністерство освіти і науки України
Херсонська державна морська академія
Херсонський національний технічний університет
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Одеський національний морський університет
Національний університет «Одеська морська академія»
Вільнюський технічний університет ім. Гядимінаса (Литва)
Маріборський університет (Словенія)
Технічний університет Молдови
Волгоградський державний технічний університет (Росія)
Білоруський національний технічний університет
Крюінгова компанія «Marlow Navigation» (Кіпр)

МАТЕРІАЛИ

6-тої Міжнародної науково-практичної конференції

СУЧАСНІ ЕНЕРГЕТИЧНІ УСТАНОВКИ НА ТРАНСПОРТІ І ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЇХ ОБСЛУГОВУВАННЯ

Херсон – 2015

Організатори конференції

Міністерство освіти і науки України
Херсонська державна морська академія
Херсонський національний технічний університет
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Одеський національний морський університет
Національний університет «Одеська морська академія»
Вільнюський технічний університет ім. Гядимінаса (Литва)
Маріборський університет (Словенія)
Технічний університет Молдови
Волгоградський державний технічний університет (Росія)
Білоруський національний технічний університет
Крюінгова компанія «Marlow Navigation» (Кіпр)

Програмний комітет:

Білоусов Є.В., к.т.н., доц. ХДМА
Букетов А.В., д.т.н., проф. ХДМА
Варбанець Р.А., д.т.н., проф. ОНМУ
Вухерер Т., к.т.н., доц. МУ
Горбов В.М., к.т.н., проф. НУК
Івановський В.Г., д.т.н., проф. ОНМУ
Іщенко І.М., к.т.н., проф. ХДМА
Колегаєв М.О., к.т.н., проф. НУ ОМА
Кристаль М.Г., д.т.н., проф. ВДТУ
Лєонов В.Є., д.т.н., проф. ХДМА
Малигін Б.В., д.т.н., проф. ХДМА
Рожков С.О., д.т.н., проф. ХДМА
Луців І.В., д.т.н., проф. ТНТУ
Маляренко О.Д., д.т.н., проф. БНТУ
Михайлик В.Д., д.т.н., проф. ХДМА
Настасенко В.О., к.т.н., проф. ХДМА
Рева О.М., д.т.н., проф. НАУ
Селіванов С.Є., д.т.н., проф. ХДМА
Соколова Н.А., д.т.н., проф. ХДМА
Сторожев В.П., д.т.н., проф. ОНМУ
Стухляк П.Д., д.т.н., проф. ТНТУ
Тимошевський Б.Г., д.т.н., проф. НУК
Тока А., д.т.н., проф. ТУМ
Шарко О.В., д.т.н., проф. ХДМА
Шостак В.П., к.т.н., проф. НУК
Янутенене Й., д.т.н., проф. КУ

Організаційний комітет:

Голова – Ходаковський Володимир Федорович, професор, ректор ХДМА
Заступники голови – Бень Андрій Павлович, к.т.н., доц., проректор з НПР ХДМА
Білоусов Євген Вікторович, к.т.н., доц., декан ФСЕ ХДМА
Букетов Андрій Вікторович, д.т.н., проф., зав. каф. ЕСЕУ та ЗП ХДМА
Настасенко Валентин Олексійович, к.т.н., проф. каф. ЕСЕУ та ЗП ХДМА
Вчений секретар конференції – Блах Ігор Володимирович, нач. відділу технічної інформації ХДМА
Заст. вченого секретаря конференції – Проценко Владислав Олександрович, к.т.н., доц. каф. ЕСЕУ та ЗП ХДМА; Бабій Михайло Володимирович, к.т.н., доц. каф. ЕСЕУ та ЗП ХДМА
Технічний секретар – Браїло Микола Володимирович, к.т.н., ст. викл. каф. ЕСЕУ та ЗП ХДМА

Сучасні енергетичні установки на транспорті і технології та обладнання для їх обслуговування. 6-та Міжнародна науково-практична конференція, 24-25 вересня 2015 р. – Херсон: Херсонська державна морська академія.

У програмі 6-тої Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні енергетичні установки на транспорті і технології та обладнання для їх обслуговування» наведено доповіді, які присвячені проблемам експлуатації, виробництва і проектування енергетичних установок та устаткування на транспорті, а також проблемам підготовки спеціалістів у сфері транспортної енергетики й устаткування.

Програмний комітет конференції не завжди розділяє думку авторів стосовно змісту опублікованих доповідей. Відповідальність за наукову цінність, практичну значущість і зміст доповідей несуть безпосередньо автори.

© Херсонська державна морська академія, 2015

ЗМІСТ

ВСТУП 11

ПРОБЛЕМИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК І ДОПОМІЖНОГО ОБЛАДНАННЯ НА ТРАНСПОРТІ 12

Акімов О.В. Скруберування відпрацьованих газів суднових дизелів від токсичних компонентів 13
Белоусов Е.В. Анализ путей развития воздушно-газовых систем судовых двигателей внутреннего сгорания 18
Варбанец Р.А., Ивановский В.Г., Кырнац В.И., Сторчак А.А. Мониторинг рабочего процесса и параметрическая диагностика среднеоборотного тепловозного дизеля K6S310DR 25
Вороненко С.В., Ищенко И.М. Анализ системы генерирования электроэнергии с газотурбинным приводом 27
Дощенко Г.Г., Наговський Д.А. Самоорганізуючі системи управління судновими технічними засобами 29
Каштальян П.В., Рожков С.А. Оптимальное управление двигательными режимами судовой энергетической установки с учетом нагрузки 30
Коновалов Д.В., Джуринская А.А. Термопрессорное увлажнение наддувочного воздуха судового среднеоборотного ДВС 33
Ласинович Б.Б., Врублевский А.Н. Моделирование гидродинамических процессов в топливной аппаратуре дизелей при ее диагностике 34
Matveev V.V. ABB Turbocharging's Valve Control Management System 36
Проценко В.О., Бідуля М.В., Ковальчук Д.В., Плечій І.А. Нова конструкція пружно-запобіжної муфти з торцевою установкою прямих канатів 38
Рожков С.А., Ищенко И.М. Судовые дизель-генераторные установки переменной частоты вращения 41
Рубан Д.П., Унрод В.І., Рубан Г.Я. Особливості роботи компенсатора наддуву регулятора частоти дизеля CY4102BZQ 43
Самарін О.Є. Опозитний поршневий двигун 45
Сєліверстова С.Р., Бойко Л.М. Рекуперація енергії вихлопних газів двигуна внутрішнього згоряння 47

ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, НАДІЙНОСТІ ТА БЕЗПЕКИ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК І ДОПОМІЖНОГО ОБЛАДНАННЯ НА ТРАНСПОРТІ, НЕТРАДИЦІЙНІ ЕНЕРГЕТИЧНІ СИСТЕМИ 49

Акімов О.В. Розрахунки кількості забруднюючих речовин при спалюванні водопаливних емульсій в котлі 50
Гоцуляк М.А., Нагорный А.В. Работа комплекса регазификации СПГ с генерированием электроэнергии в условиях снижения производительности LNG-терминала 52

Грицук И.В. Особенности мониторинга, диагностирования и прогнозирования параметров технического состояния транспортных средств в процессе эксплуатации в условиях ITS 54
Гулієва Н.М. Енергозберігаючі технології очищення питної води централізованого та децентралізованого водопостачання 56
Кожевникова Е.Е., Агеев М.С., Чиграй С.Л. Метод повышения ресурса судовых насосов на основе комбинированной технологии восстановления.....57
Крупіца П.О., Рожков С.О. Автоматизована система управління двохдвигунним електроприводом зі змінними параметрами 59
Литвин С.Н. Анализ причин выхода со строя головных подшипников двигателя JENBACHER320GS при работе на биогазе 61
Малыгин Б.В., Погорлецкий Д.С., Амелин М.Ю., Россохатый В.А. Магнитно-импульсная обработка и топливо 64
Михайлик В.Д. Повышение энергоэффективности на морском транспорте.....67
Наговский Д.А., Дощенко Г.Г. Проблемы защиты судовых генераторных установок.....69
Рудь В.Д., Самчук Л.М., Савюк І.В. Перспективний енергозберігаючий процес сьогодення – СВС-синтез 71
Настасенко В.О. Порівняння енергетичного потенціалу систем нетрадиційної суднової енергетики 73
Самарін О.Є. Розробка схеми тронкового двигуна, у якому сила, що виникає при згорянні палива повністю передається уздовж осі шатуна 75
Семенов Н.Н. Анализ влияния параметров электроактивации на системы жидкостного охлаждения двигателей внутреннего сгорания 77
Стрелковская Л.А. Разработка блок-схемы автоматизированной системы для оценки технического состояния судовой дизельной установки с учетом особенностей эксплуатации.....79
Чередниченко А.К., Ткач М.Р. Влияние состава перевозимого газовозом LNG груза на эффективность энергетической установки с термохимической регенерацией тепла 82
Шаповалов Ю.О., Коробєйнікова Н.В. Проблеми використання біогазу на транспорті .84

РОБОЧІ ПРОЦЕСИ, ДИНАМІКА ТА МІЦНІСТЬ ТРАНСПОРТНОГО І ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ.....86

Богатчук І.М., Прунько І.Б., Богатчук М.І. До питання обліку витрат палива агрегатами нафтогазового технологічного транспорту.....87
Заїченко Є. Г., Тимофеєв К.В., Рожков С.О. Інтелектуальна система автоматизованого управління судном в умовах обмеженої видимості 89
Кіндрачук М.В., Нечипорук В.В., Мельник В.Б. Діагностика та надійність енергетичних установок при нестаціонарних режимах роботи 91
Кузнєцов Ю.М., Дмитрієв Д.О., Костерний О.С. Динамічна якість технологічного обладнання з робочими органами змінної жорсткості 93
Лабарткава А.В., Матвиенко М.В. Оптимизация конструкции металлографитовых подшипников скольжения на основе анализа остаточных напряжений.....95

Литвин С.Н., Грабовенко А.И., Манзюк В.Н. Анализ причин поломок коленчатых валов газовых двигателей JENBACHER 420 96
Мачуга О.С. Порівняльний аналіз технічних характеристик харвестерів різних виробників 98
Мирный С.С. Взаимное влияние двух цилиндров в потоке вязкой несжимаемой жидкости 99
Пелевін Л.Є., Горбатюк Є.В., Міщук Д.О. Аналіз взаємодії рушія розпушувача з поверхнею грунту 101
Проценко В.О., Настасенко В.О., Клементьєва О.Ю. Обгрунтування методики визначення жорсткості сталевих канатів при стиску 103
Савчук В.П. Розрахунок напружено-деформованого стану пружних елементів муфти VULKAN типу RATO-S 105
Самарін О.Є. Різальний апарат з дисковими ножами 107

ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ ТА ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ І ВИРОБНИЦТВА ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК І ДОПОМІЖНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ, ЙОГО ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ 109

Алексеев А.В. Управления и контроль параметров рабочего процесса судовых двигателей с использованием оптоволоконных датчиков 110
Бабій М.В., Настасенко В.О., Ковальчук Д.В. Актуальність використання прогресивних відрізних різців в умовах суднового ремонту 112
Вассерман А.А., Мальчевский В.П., Козловский С.В. Уравнения состояния и термодинамические свойства смесей R290/R125 В R290/R744 114
Гнатов А.В., Аргун Щ.В. Прогресивні технології виробництва та ремонту транспортних засобів з використанням енергії імпульсних магнітних полів 116
Горбов В.М., Митенкова В.С. Обоснование выбора систем очистки балластных ВОД 119
Горбов В.М., Соломонюк Д.М. Визначення параметрів регенеративних ГТД різних схемних рішень 125
Горобец В. Г., Панин В.В. Богдан Ю.А., Троханяк В.И. Экспериментальное исследование процессов гидродинамики и теплообмена в теплообменных аппаратах новой конструкции 127
Коберский. В. В., Рожков С.А. Адаптивная фильтрация в судовых интеллектуальных системах управления 129
Колебанов А.К., Чаусовский Г.А. Хемотронная система мониторинга развития предаварийных процессов при эксплуатации судового оборудования 131
Колесник Д.В. Учёт изменения нагрузки на дизельный двигатель при развороте винторулевой колонки 133
Коробко В.В. Особливості проектування термоакустичних двигунів та систем 135

Луців І.В., Волошин В.Н., Буховець В.М., Стахурський О.О. Обробка з кінематичним подрібненням стружки при використанні комплексного технологічного оснащення адаптивного типу 137
Михайлик В.Д., Селіванов С.Є. Апарат для опріснення морської води 139
Муль О.В., Дорошенко В.С. Ідентифікація литих деталей як оболонкових конструкцій 141
Муль О.В., Кравченко О.В. Аналіз та ідентифікація металевих виливків із застосуванням теорії мінімальних поверхонь 142
Настасенко В.А., Маляренко А.Д. Комплексно ориентированная разработка и производство режущих инструментов с учетом материаловедческих и технологических факторов 143
Погорлецкий Д.С., Малыгин Б.В. Магнитно-импульсный активатор топлива на автотранспорте 147
Редчиц Д.А. Численное моделирование аэродинамики роторов ветроэнергетических установок 149
Сіманенков А.Л., Рожков С.О. Моніторинг робочих параметрів суднового двигуна внутрішнього згоряння 151
Скрипка Г.Л., Акимов А.В. Расчет коэффициента расхода форсунки центробежного типа для судовых паровых котлов 153
Худяков И.В. Особенности проектирования амплитудных оптоволоконных датчиков 155
Шевченко В.В., Філіпщук О.М., Фролов О.М. Гідродинамічне вдосконалювання електродіалізного опріснювача суднового призначення 158

НОВІ МАТЕРІАЛИ В СУДНОБУДУВАННІ І СУДНОРЕМОНТІ 160

Акимов А.В. Математическое моделирование процессов в композиционных материалах 161
Алексенко В.Л., Акимов А.В., Браило Н.В., Зинченко Д.А. Методика испытания защитных покрытий на изгиб 164
Басістий П.В. Оптимізація умов азотування жароміцної сталі ЕП-199 з азотоводневих сумішей 166
Бачинський Ю.Г. Вплив водню на міцнісні властивості сплавів системи Fe – Ni, у яких співіснують фазові перетворення різного типу 167
Белая С.Ф. Эффективность использования полимерных композиционных материалов для тороидальных прочных корпусов подводных аппаратов, выполненных намоткой 168
Білий Л.М., Киця А.Р., Зінь Я.І. Протикорозійна ефективність пігмента на основі нанопористого цеоліту в алкідному покритті на алюмінієвому сплаві 170
Білий О.Л. Визначення критеріальних характеристик тріщиноподібних дефектів у сферичних елементах конструкцій 172
Браїло М.В. Дослідження трибологічних властивостей епоксикомпозитів з мінеральними частками і термопластом в умовах впливу морської води 174
Браїло М.В., Яцюк В.М., Кобельник О.С., Алексенко В.Л., Вухерер Т. Трибологічні властивості епоксикомпозитів з дисперсними частками в умовах впливу агресивного середовища 175

Букетов А.В., Зінченко Д.О., Красненький В.М., Абдалла Мено Поліпшення фізико-механічних властивостей епоксикомпозитів за рахунок використання карбонату аргентуму 176
Гарматюк Р.Т., Чихіра І.В., Микитишин А.Г. Дослідження адгезійних властивостей полімеркомпозитних захисних покриттів..... 177
Дзіняк Б.О., Субтельний Р.О., Оробчук О.М., Фуч У.В. Визначення оптимальних умов емульсійної коолігомеризації фракції C_9 шляхом створення математичної моделі..... 179
Динжос Р.В., Махровский В.Н., Фиалко Н.М., Шеренковский Ю.В. Особенности кристаллизации полимерных нанокомпозитных материалов на основе поликарбоната 181
Дубовий О.М, Жданов О.О., Портная А.М., Доріна О.В. Перспективи отримання та застосування термічно стабільної полігонізаційної субструктури в аустенітній сталі 183
Замора Я.П. Вплив атомного і магнітного впорядкування на дифузійні параметри водню у феромагнітних сплавах..... 185
Зарудний В.В., Дерев'янко О.В., Лобода С.В., Лучка М.В., Частоколенко І.П. Технологія створення гальванопорошкових покриттів 187
Засадний Т.М., Басараба Ю.Б. Вплив ультразвукового диспергування на структру феромагнетних сплавів системи $(Nd, Pr)_2Fe_{14}B$ 188
Іваницький Р.І. Вплив гідридоутворення на розчинність водню у малоактивованих сталях термоядерної енергетики..... 189
Кіндрачук М.В., Панарін В.Є., Мнацаканов Р.Г., Гуменюк І.А. Перспективність створення заевтектичних сплавів триботехнічного призначення на основі заліза з тугоплавкими боридами..... 191
Кіндрачук М.В., Хлевна Ю.Л., Харченко В.В., Костюк Є.П. Формування дисперсної структури на етапі припрацювання трибологічної системи «бронза – АМг-10 – сталь»..... 193
Кравченко С.А., Пылёв В.А., Нестеренко И.А. Применение теплозащитных покрытий поршней в двигателях 10Д100 195
Кравцова Л.В., Богдан А.П. Прогнозирование разрушения полимерных композитных материалов при воздействии повторно-временных нагружений 198
Кривий П.Д., Кобельник В.Р. Ефективність процесу свердління наскрізних отворів шляхом забезпечення регулювання подачі 200
Левицький В.В., Курко А.М., Бадищук В.І. Дослідження впливу скляних волокон на процеси релаксації епоксикомпозитів 201
Липян Е.В., Сизоненко О.Н., Торпаков А.С. Усовершенствование разрядно-импульсной техологии обработки порошков..... 203
Лопата Л.А., Николайчук В.Я. Износостойкие покрытия на основе самофлюсующихся сплавов..... 205
Ляшенко Б.А., Ивченко Т.И., Троцан Г.Н. Восстановление судовых корпусных конструкций в условиях открытого моря..... 207
Малець В.М., Кашицький В.П. Оптимізація складу епоксикомпозитних покриттів, наповнених високодисперсним порошком цирконію..... 209

Марущак П.О., Коноваленко І.В., Поливана У.В. Автоматизований аналіз форми та розмірів ямок в'язкого відриву на поверхнях руйнування сталей та титанових сплавів 211
Миницкий А.В., Сосновский Л.А., Лобода П.И. Резервы уплотняемости железного порошка 212
Мороз К.М., Карташов В.В., Каретін В.М. Формування пористих епоксикомпозитів шляхом модифікування полівініловим спиртом 213
Мохун С.В. Вплив процесу гідридоутворення на дифузійні параметри водню у танталі 215
Наговська І.В., Прокоп'юк В.А., Федоров В.В. Перспективи застосування водневої обробки до магнітострикційних сплавів на основі РЗМ 216
Присташ Н.С., Трегуб В.А., Сизоненко О.Н. Применение высококонцентрированных потоков энергии для получения износостойких материалов на основе Fe и Ti 217
Садова О.Л., Кашицький В.П. Дослідження корозійної стійкості епоксикомпозитних трибоматеріалів 218
Сапронов О.О. Особливості перебігу термічної деструкції у епоксидних композитах з частками фулерену C_{60} 220
Сапронов О.О., Бень А.П., Букетова Н.М., Лещенко О.В., Прентковскіс Олегас Дослідження структурних перетворень у композитних матеріалах, наповнених частками фулерену C_{60}, методом ІЧ-спектрального аналізу 221
Смирнов І.В., Долгов М.А., Заїчко К.В. Порівняльний аналіз зносостійких плазмово-напилених покриттів з порошків оксидів та самофлюсівних сплавів 222
Соколов А.Н., Шульженко А.А., Гаргин В.Г., Богданов Р.К., Закора А.П., Супрун М.В. Новый гибридный сверхтвердый материал для бурового инструмента 224
Стухляк П.Д., Голотенко О.С., Золотий Р.З. Дослідження залежностей руйнівного напруження та модуля пружності при згинанні від впливу надвисокочастотного та теплового полів 226
Трегуб В.А., Сизоненко О.Н., Присташ Н.С. Исследование физических процессов при высоковольтной электроразрядной обработке дисперсных систем «металлический порошок-керосин» 228
Селиверстов И.А., Троцан Г.Н. Исследование адгезионных свойств плазменных покрытий 230
Хлопик О.П., Зінь І.М. Інгібування корозії дюралюмінію фосфатно-нітратною композицією за механічної активації його поверхні 231
Черновол М. И., Ворона Т. В., Аулин В.В. Изготовление износостойких элементов трибосопряжений судовых машин и механизмов электроконтактной обработкой газотермических покрытий 233
Шарко А.В., Нигалатий В.Д., Погребняк И.Ф. Квантово-механическое моделирование технологии соединения двухкомпонентных сред 235
Шимчук С.П., Зайчук Н.П. Сучасні концепції розвитку науки про тертя 237
Шут М.І., Січкар Т.Г., Рокицький М.О., Борбіч Ю.О., Янчевський Л.К. Фізико-механічні та теплофізичні властивості нанокомпозиційного матеріалу поліхлортрифторетилен - діоксид олова 239

Юреско Т.А. Эффективность использования сферопластика с дополнительной пористостью в составе блоков плавучести подводных технических средств..... 240
Ярема І.Т., Антонов А.М., Колибаб'юк П.В., Наконечний Ю.І. Розробка технології ремонту лопатей вентилятора апаратів повітряного охолодження ГТК-10 І 242
Ярема І.Т., Колибаб'юк П.В., Наконечний Ю.І., Дячук Д.С. Підвищення довговічності подовжувача свічки запалювання комппресора МК-8 шляхом застосування склонаповнених поліамідів 243
Ярема І.Т., Наконечний Ю.І., Дячук Д.С., Буховець В.М. Виготовлення деталей із полімеркомпозиційних матеріалів для вузлів газотранспортного обладнання..... 245

ПРОБЛЕМИ ПІДГОТОВКИ СПЕЦІАЛІСТІВ ДЛЯ ТРАНСПОРТНОЇ ГАЛУЗІ 247

Авраменко Н.Н., Растегина Г.И. Тренажер судовой автоматизированной электростанции LV для формирования компетентностей при подготовке судовых специалистов..... 248
Авраменко Н.Н., Растегина Г.И. Энергосберегающая нагрузка для тренажера судовой автоматизированной электростанции LV 250
Агеев М.С., Ляшенко Б.А. Анализ информационных потоков, тенденций и основные стратегические направления развития судостроительной и судоремонтной отрасли..... 252
Алєксєєв О.М. Проблеми підготовки судових авіаційних експертів з розслідування обставин авіаційних подій та інцидентів..... 254
Букетов А.В., Акімов О.В. Міжпредметні зв'язки для забезпечення компетенцій та методика оцінювання знань курсантів..... 255
Борсук С.П. Рівні домагань студентів-диспетчерів на базі горизонтальної повздовжньої норми ешелонування 30 кілометрів 258
Васильченко Г.Ю. Особливості організації тренажерного навчання при реалізації компетентністного підходу..... 260
Волков Ю.В., Агеев М.С., Соловых Е.К. Восстановления валов судовых дизельных генераторов электроконтактным припеканием покрытий дискретной структуры..... 262
Врублевский А.Н. Результаты использования пакета программ фирмы AVL при подготовке специалистов транспортной отрасли 264
Дендеренко О.О. Інтегровані модулі фізики та загальнотехнічних дисциплін як засіб реалізації компетентнісного підходу у підготовці суднового механіка 265
Дубовик Л.П. Реалізація міжпредметних зв'язків на заняттях з фізики у процесі професійної підготовки спеціалістів транспортної галузі..... 267
Дудников А.Н., Кирноз И.А. Пропускная способность первой и второй полос движения на перегонах городских улиц..... 269
Зайцева Т.В. Компетентнісний підхід в навчанні інформатики у вищому навчальному закладі..... 271
Знамеровська Н.П. Графічні компетентності - основа формування професійних компетенцій курсантів..... 273

Кравцова Л.В., Каминская Н.Г. Адаптивное дистанционное обучение как элемент реализации компетентностного подхода в подготовке специалистов морского профиля 276
Кривенко И.В. Возможности использования устройств дополненной реальности в области подготовки специалистов 278
Ляшенко У.І. Проблеми підготовки фахівців морського профілю на прикладі цисципліни «англійська мова (за професійним спрямуванням)» 279
Меженков А.В. Теоретичні основи оцінки безпеки руху на перехрестях зі світлофорним регулюванням 282
Петров И.М. Мотивация в подготовке морских агентов как операторов сервисных эргатических систем на транспорте 284
Проценко В.О., Настасенко В.О. Розроблення алгоритму реалізації компетентнісного підходу при підготовці майбутніх судномеханіків 286
Рева О. М., Борсук С.П., Мухтаров, Мірзоев Б.М. Вдосконалення процедури аналізу оціночних функцій, побудованих для закритих задач прийняття рішень авіаційними операторами «переднього краю» 291
Ivan Ryabukha Some issues of competency based language teaching 295
Olena Savchenko The peculiarities of teaching cadets with low language proficiency 297
Соколова Н.О. Результати дослідження тяжкості дорожньо-транспортних пригод на основі енергетичних характеристик транспортних та пішохідних потоків на нерегульованих перехрестях 299
Шарко М.В. Принципи формування компетентностей персоналу при управлінні інноваційною діяльністю 301

Пам'яті Олександра Максимовича Овчарука 304

ВСТУП

Стрімке зростання світового товарообігу потребує інтенсифікації транспортних перевезень, а також реалізації технологічних процесів їх регулювання у різних галузях сучасної промисловості. При цьому безперервно зростають робочі швидкості, потужність та енергооснащеність транспортних і технологічних машин. Вказані фактори значно впливають на експлуатацію, проектування та виробництво енергетичних установок як основного елементу будь-якої машини. Проблеми енергозбереження та нетрадиційна енергетика, нові технології проектування та виробництва, вдосконалення існуючих та створення нових конструкційних, паливо-мастильних та ізоляційних матеріалів, новітні досягнення зумовлені досвідом експлуатації енергоустановок, засобами підвищення надійності їх елементів, екологічними проблемами тощо.

Досягнення сучасної науки найбільш швидко впливають на експлуатацію енергетичних установок. Так створення нових конструкційних матеріалів дозволяє підвищити експлуатаційні навантаження та потужність, розробити нові високоефективні технології ремонту та відновлення деталей енергоустановок, нові мастильні матеріали, скоротити витрати енергії на тертя та підвищити зносостійкість устаткування. У свою чергу створення нових технологій та оснащення для ремонту дозволяють скоротити час простоїв та підвищити конкурентоспроможність засобів транспорту, а створення та впровадження альтернативних палив та новітніх відновлюваних джерел енергії – підвищити їх економічність та екологічність.

Велике значення для ефективної та безвідмовної роботи енергетичних установок має автоматизація їх роботи, контролю та обслуговування. Це потребує розробки нових математичних та фізичних моделей, що описують реальні теплові, механічні, гідравлічні та комплексні процеси в енергетичних установках при їх роботі у типових чи екстремальних умовах. Автоматизація процесів проектування дозволяє скоротити час підготовки та переналагодження виробництва, а створення нових прикладних програм для потреб проектувальників та виробників дозволяє значно спростити час підготовки, а також переналагодження виробництва.

Транспорт – сфера людської діяльності, що найбільш динамічно розвивається. У багатьох випадках розвиток транспортних систем визначає технічний прогрес в інших галузях господарської діяльності людини. Сучасна транспортна галузь, це складна господарська структура, що поєднує в собі велику кількість видів транспорту, діяльність яких взаємопов'язана та залежить одна від іншої. При такому рівні інтеграції різних елементів транспортної системи, для її ефективного функціонування необхідна чітка й злагоджена робота всіх ланок складного ланцюга доставки вантажів від виробників до споживачів.

У цьому зв'язку важливе значення для функціонування транспортної сфери набувають питання ефективної технічної експлуатації окремих видів і засобів транспорту. За останні роки транспортні засоби зазнали значних змін, спрямованих на підвищення їх ефективних, економічних і екологічних показників. В їх проектування, виробництво та експлуатацію широко впроваджуються нові технології. Використання сучасної обчислювальної техніки значно розширило можливості дослідників і проектувальників транспортних засобів. Комп'ютерне моделювання дає змогу досліджувати складні процеси, що відбуваються в енергетичному обладнанні, знаходити оптимальні сполучення значного числа окремих параметрів що визначають ефективність функціонування всіх видів обладнання транспортних систем. Сучасні засоби тривимірного проектування дають можливість ще на стадії створення машин і механізмів впровадити віртуальні випробування елементів конструкцій і цілих агрегатів, значно підвищуючи якість проектування й скорочуючи терміни на доведення нової техніки до виробництва та витрати людських та матеріальних ресурсів.

В галузі експлуатації, впровадження нових технологій управління робочими процесами в енергетичному та іншому обладнанні, а також впровадження засобів контролю за станом технічних об'єктів, дозволили значно підвищити експлуатаційну надійність систем, скоротити витрати на їхнє функціонування, поліпшити умови праці, скоротити шкідливий вплив на навколишнє середовище.

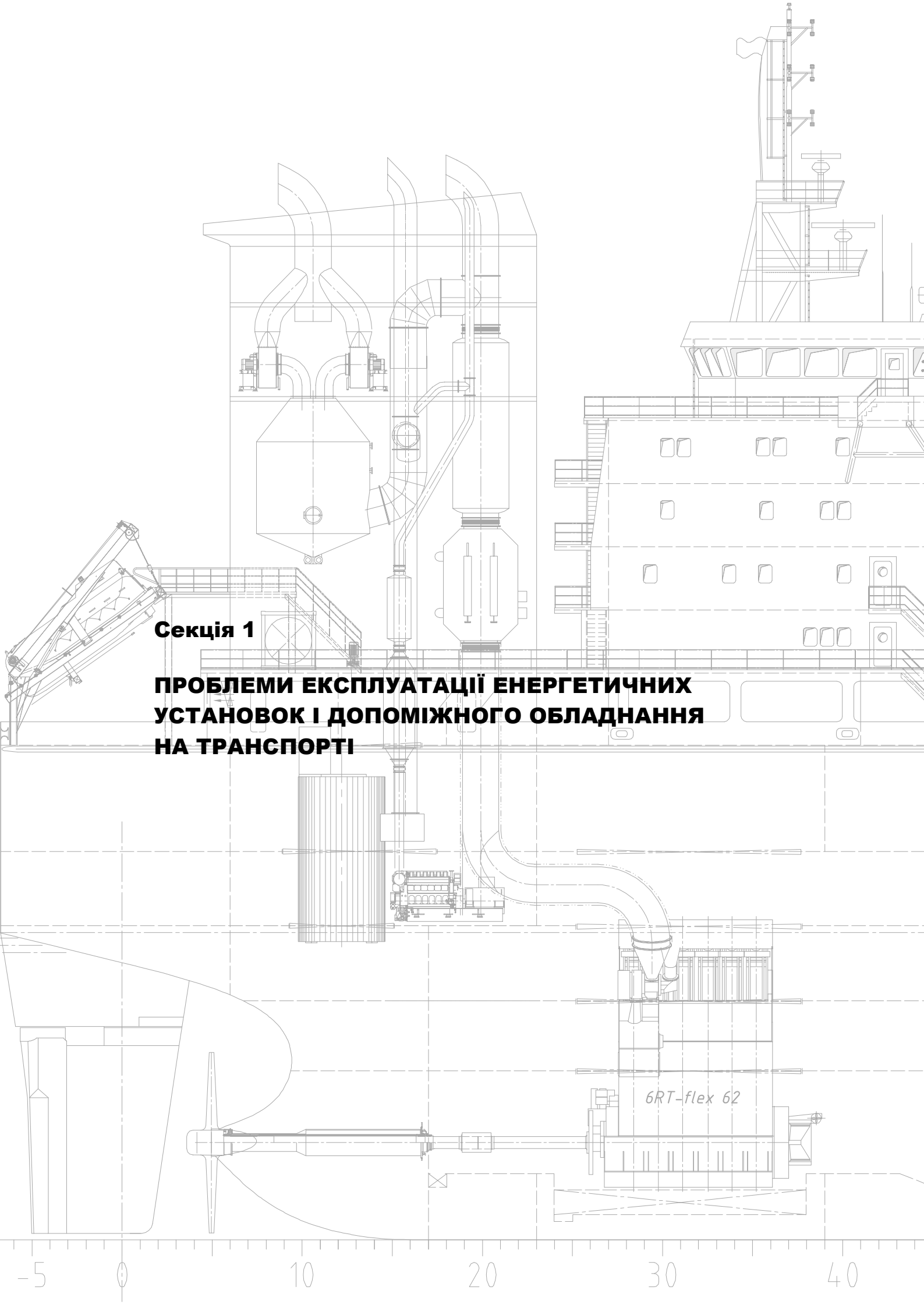
Особливе місце займають питання безпеки та охорони праці при експлуатації енергетичних установок та допоміжного обладнання на транспорті. Так вантажопідйомність сучасних офшорних кранів сягає кількох тисяч тон, що ставить на чільне місце вимоги до безпеки робітників та цілісності унікального коштовного обладнання. Підвищення швидкохідності двигунів енергетичних установок робить першорядною проблему оцінки рівня шуму і вібрації та захисту від них людей.

Нові досягнення науки та промисловості зі створення нових і удосконалення існуючих енергетичних установок на транспорті потребують змін та підвищення якості підготовки фахівців для транспортної галузі. Слід зазначити, що вимоги до якості підготовки на морському транспорті встановлені Кодексом ПДМНВ, що, у свою чергу, зумовлює запровадження нових освітніх технологій.

У програму конференції були включені роботи як відомих фахівців, так і доповіді молодих вчених, які тільки починають свій шлях у науку. Тому слід зазначити, що за положення, викладені в доповідях, несуть відповідальність автори.

Організатори конференції висловлюють щиру подяку всім авторам доповідей за порозуміння та співпрацю і сподіваються, що сама конференція, дискусії та обговорення, проведені в її рамках, а також матеріали конференції будуть корисними всім її учасникам, викладачам, аспірантам і студентам, які знайдуть у них відповіді на питання, що їх цікавлять.

Програмний та організаційний комітети, колектив кафедри ЕСЕУ та ЗП ХДМА



Секція 1

ПРОБЛЕМИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК І ДОПОМІЖНОГО ОБЛАДНАННЯ НА ТРАНСПОРТІ

СКРУБЕРУВАННЯ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ СУДНОВИХ ДИЗЕЛІВ ВІД ТОКСИЧНИХ КОМПОНЕНТІВ

Акімов О.В.
Херсонська державна морська академія (Україна)

До радикальних і достатньо простих способів зниження сірчистих викидів для суднових дизельних енергетичних установок відноситься очищення відхідних газів за допомогою скруберних технологій. У скрубері при омивані зрошувальної поверхні морською водою або прісною водою з домішуванням NaOH має місце масо-теплообмін між відхідними газами і цією водою, яка розпилюється на протитечію газам. Оксиди сірки та зважені в газах тверді частинки поглинаються морською водою. При змішуванні окисненої води після абсорбції NO_x, SO_x, CO_2 і свіжої морської води відбувається нейтралізація сульфатів вуглекислим кальцієм, який міститься у морській воді. Унаслідок цього утворюється сульфат кальцію (гіпс) та діоксид вуглецю. Після скрубера морська вода з продуктами нейтралізації і очистки від твердих часток подається до системи очищення.

Щоб виконати вимоги ІМО з ІІІ рівня емісії SO_x, NO_x, які будуть введені з 2016 року, планується використання мокрої скруберної технології, в якій використовується окремо забортна або прісна вода і гібридна системи (при одночасному або послідовному використанню цих вод).

Гібридна система очистки вихлопних газів була створена в результаті сумісних розробок компаній Alfa Laval і Aalborg Industries при участі виробників дизельних двигунів MAN B&W та Wartsila на основі використання сепараторів Alfa Laval і існуючих систем газоочищення Aalborg, що застосовуються в системах інертних газів танкерів і була пристосована для очистки відпрацьованих газів. Після випробувань вона була встановлена на судні Ficaria Seaways з двигуном потужністю 21 МВт, де спалювалось важке паливо з вмістом сірки 2,2 %. Вихлопні гази обробляються по скруберній мокрій технології, в результаті чого вміст NO_x знижується до рівня 2 г/(кВт·год), а SO_x до 0,1 % об., що встановлюється для морських суден нормативами ІМО, які вступають в силу з 1 січня 2016 року. Міжнародна Морська організація (ІМО) являється агенцією Організації Об'єднаних Націй, яка сформована для забезпечення морської безпеки.

Ця установка є гібридною, бо в ній використовується як морська, так і прісна вода, що змішана з каустичною содою. При роботі в режимі з морською водою можливе видалення 98 % сірчистих сполук, а в режимі з прісною водою – більше 99 % цих сполук. Крім того вловлюється до 80 % твердих часток. На думку розробників цієї системи, вона буде економічно обґрунтованою після 2015 року в зонах особливого контролю емісії токсичних речовин, де цінова різниця між малосірчистим і важким паливом буде дуже велика.

В гібридній системі очищення Alfa Laval і Aalborg Industries першою стадією очистки вважається утилізаційний котел (УК), в якому вихлопні гази охолоджуються від 350 °С до 160…180 °С і має місце забруднення поверхонь УК, що може розглядатися як етап очистки від твердих часток. На другій стадії очистки за рахунок використання скрубера Вентурі при впорскуванні води продовжується зниження температури вихлопних газів і очистки від твердих часток за рахунок їх зволоження.

Переваги цієї технології – це можливість збільшення pH, що зменшує витрату води, зменшення корозії газоходів. До недоліків слід віднести витрати на бункерування і зберігання NaOH для роботи на прісній воді. При цьому слід відзначити, що за такої схеми очистки треба мати запас прісної води або треба збільшувати продуктивність опріснювальної установки. Щоб зменшити вплив цього недоліку технологією передбачається і відкритому морі працювати з морською водою, а в гаванях і спеціальних зонах – на прісній воді.

В системі селективного каталітичного відновлення (СКВ або SCR) гази очищуються від NO_x за допомогою дорогих каталізаторів і введення в якості відновлювача розчину сечовини і аміаку. Систему SCR (поглинання тільки NO_x з відхідних газів) обов'язково треба супроводжувати скруберною технологією очищення від SO_x.

До недоліків цієї системи слід віднести: необхідність постійного очищення каталізатора від сажі; ефективність каталізатора з часом зменшується під впливом температури і отруєння газами, внаслідок чого його необхідно замінювати через 4-6 років; для безперервного впорскування дорогих розчинів сечовини, аміаку треба мати їх запас на судні; дорога і складна система дозування і подачі сечовини і аміаку.

В системі очищення відхідних газів від SO_x, що пропонується фірмою Wartsila, заслуговує уваги застосування (крім індивідуальних) інтегрованих скруберів, що мають димососи для відведення газів після одного (загального) скрубера одразу від головного двигуна, дизель-генераторів і котлів, що дозволяє здійснити застосування різних схем очистки на діючих суднах і при наявності великих аеродинамічних опорів утилізаційних котлів (на межі допустимого значення для ДВЗ), бо обладнання скруберної технології (на танкерах і круїзних суднах) може мати значення опору на рівні 900 Па, що буде додатковим до опору утилізаційного котла.

Для компенсації втрат прісної води (5 % від продуктивності при спалюванні дизельних палив і більше при роботі СЕУ на важкому паливі) треба забезпечити або запас прісної води або додаткову продуктивність опріснювальної установки. Втрати прісної води складають ~ 0,2 $м^3$/МВт·год. В системі підготовки прісної води треба звернути увагу на контроль хлоридів (по нормі його вмісту). Тому треба уловлювати пари води після скрубера і вертати її в систему прісної води. В зв'язку з досягненнями в системах очистки стічних вод можливо їх використання для подачі у скрубери. Вміст хлоридів обмежується максимум до 300 мг/л і необхідне використання ультрафіолетової дезінфекції обробленої стічної води до скрубера, щоб гарантувати відсутність будь-яких бактерій і вірусів.

В схемах, що розглядаються теплота газів, що передана воді в процесі очистки, відводиться в теплообмінники, що охолоджуються морською водою. Мета охолодження полягає в тому, щоб мінімізувати витрату води і наявність водяної пари в газах після скрубера. Охолодження води мало впливає на абсорбцію SO_2. Система очистки розроблена на максимальну температуру морської води 32 °С. Витрата морської води повинна забезпечити відсутність кристалізації сульфатів у воді і гарантувати охолодження води, що скидається за борт.

З метою автоматичної підтримки значення pH і ефективної очистки від SO_x необхідне створення системи збереження, підготовки, дозування і подачі NaOH. При цьому необхідно дотримуватися персоналом особливих вимог техніки безпеки при роботі з NaOH. Крім того, NaOH взаємодіє з алюмінієм, магнієм, цинком з виділенням вогненебезпечного водневого газу. Корозійні властивості NaOH відповідно до сталі інтенсифікується при температурі вище 49 °С (рекомендована температура зберігання – між 25…35 °С), що ускладнює установку. Не повинно бути контакту NaOH з паливом.

Осад, що одержаний після скрубера, подібний відстою машинного відділення. Склад осаду – головним чином вуглеводи, сажа, метали при мінімальній кількості води. Не дозволяється спалювання відстою на борту судна. Його треба накопичувати і зберігати впродовж рейсу.

В системі очистки передбачено вологий газ після скрубера змішувати з сухим повітрям від кожуха двигуна. Щоб уникнути захвату крапель вологи газовим потоком швидкість його руху повинна бути низькою (не вище 15 м/с). Після скрубера все ж таки гази мають високу відносну вологість, тому необхідно використання корозійностійких матеріалів.

У системі очищення відхідних газів, що розглядається, на відміну від раніше розглянутих технологій дозволяє більш інтенсивніше одночасно знижувати вміст трьох токсичних інгредієнтів - SO_x, CO_2 і NO_x.

Особливістю системи очищення, що розглядається, є використання попередньо обробленої морської води з метою підвищення її лужності та показника pH. При скруберуванні підвищені pH і лужність цієї води різко знижують окислювальну дію CO_2, SO_2 та NO_x. Обробка води, внаслідок якої суттєво підвищуються її абсорбційні властивості, проводиться із застосуванням електричних засобів, без хімічних реагентів.

В технологічній системі очистки димових газів, що розглядається, передбачається попередня обробка води від морських мікроорганізмів за допомогою електромагнітного поля ультранизької частоти. Після цього (при використанні проточної схеми) частина води направляється на обладнання першої стадії обробки газів для абсорбції SO_2, а друга частина води на обладнання другої стадії обробки газів для абсорбції CO_2 і NO_x.

На першій стадії обробки по проточній схемі вода проходить через систему підвищення абсорбційної властивості води для поглинання SO_2 за рахунок її попередньої низькочастотної обробки і направляється на скрубер. При цьому потік води ділиться на 2 потоки для забезпечення двохступеневої послідовної очистки димових газів від SO_2. Друга стадія обробки води починається з діючої системи біоконтролю з метою зниження росту морських організмів (наприклад, молюсків) шляхом обробки полем ультранизької частоти. Потім проводиться обробка води, що подається на скруберну частину абсорбції CO_2, NO_x. Мета системи обробки - підвищення значення pH води при електролізі води, що супроводжується ультранизькочастотним полем за допомогою котушок. Завдяки цьому значення pH підвищується до 9,2…9,5. Потім проводиться контроль мінералогічного складу води, щоб запобігти відкладенням на трубах. Контролюється наявність CO_2 і NO_x. Оброблена таким чином вода подається в скрубер для абсорбції CO_2 і NO_x із газів, що спочатку пройшли скруберну обробку з метою попередньої абсорбції SO_2. Башта скрубера служить для проведення реакцій поглинання SO_2, CO_2 і NO_x. Вода після скрубера охолоджується забортною водою, тобто в технології не передбачена утилізація теплоти абсорбції і охолодження газів.

В технології очищення відпрацьованих газів, що розглядається, використовується системи обробки води після скрубера для доведення її до якості, при якому ця брудна вода може бути відведена в море. При цьому значення pH повинно бути хоча б на рівні 6,5, що гарантовано захищає морську екосистему. Циркуляційна (замкнена) схема очищення відпрацьованих газів значно складніша, але має ся можливість зменшити витрату води.

Системи скруберування з відкритим і закритим контуром наведені на рис. 1 та 2, а на рис. 3 – система скруберування, що пропонується.

При взаємодії відхідних газів з розприсканою попередньо підготовленою водою з підвищеними абсорбційними властивостями відбувається наступне: CO_2 перетворюється на бікарбонати, які є природними для морської води; SO_2 та NO_x перетворюються на сульфати й нітрати відповідно, що також є природними для водного середовища; тверді частинки після обробки відхідних газів у скрубері видаляються та сепаруються з рідкими відходами.

Випробування системи очищення показали, що при вмісті токсичних речовин на виході з головного котла паропродуктивністю 60 т/год (669,3 ppm SO_2, 158,5 ppm NO_x і 5,16 % CO_2), на виході зі скрубера вміст тих же інгредієнтів склав: 47,4 ppm SO_2, 28,2 ppm NO_x 1,32 % CO_2. Тобто емісія основних шкідливих речовин знизилася у такому співвідношенні: SO_2 – 92,9 %, NO_x – 82,2 %, CO_2 – 74,4 %.

Використання схеми очистки відпрацьованих газів після ДВЗ марки 6S50MC-C, в якому спалювалось паливо – з $S^r = 3{,}64$ % показало трохи гірші результати. При вмісті токсичних речовин на виході з ДВЗ 846,05 ppm SO_2, 709,26 ppm NO_x і 3,99 % CO_2, на виході зі скрубера вміст тих же інгредієнтів склав 10,75 ppm SO_2, 243,11 ppm NO_x і 0,93 % CO_2. Емісія основних шкідливих речовин знизилася у такому співвідношенні: SO_2 – 98,7 %, NO_x – 65,7 %, CO_2 – 76,7 %.

Таким чином практично виключається вторинне забруднення морського середовища і не розкислюється вода, тим самим забезпечуючи захист довкілля.

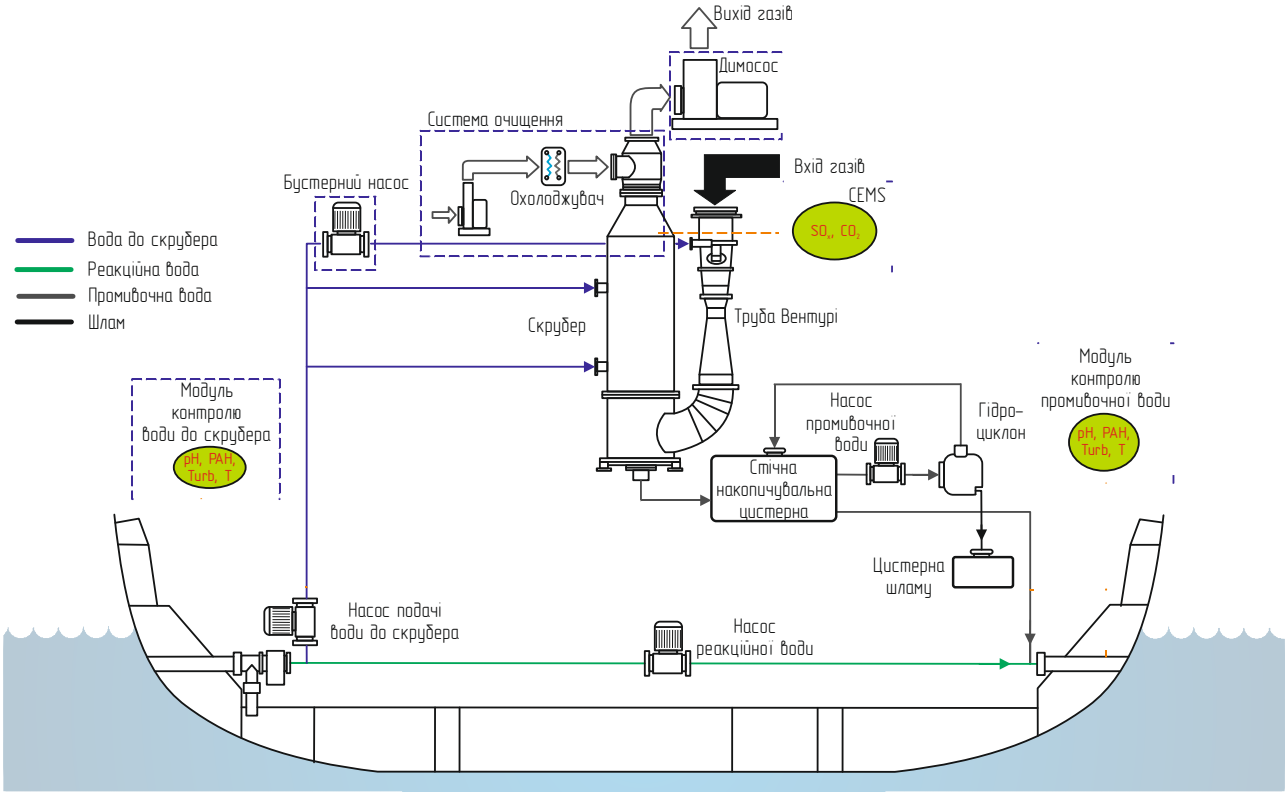


Рисунок 1. Система скруберування з відкритим контуром

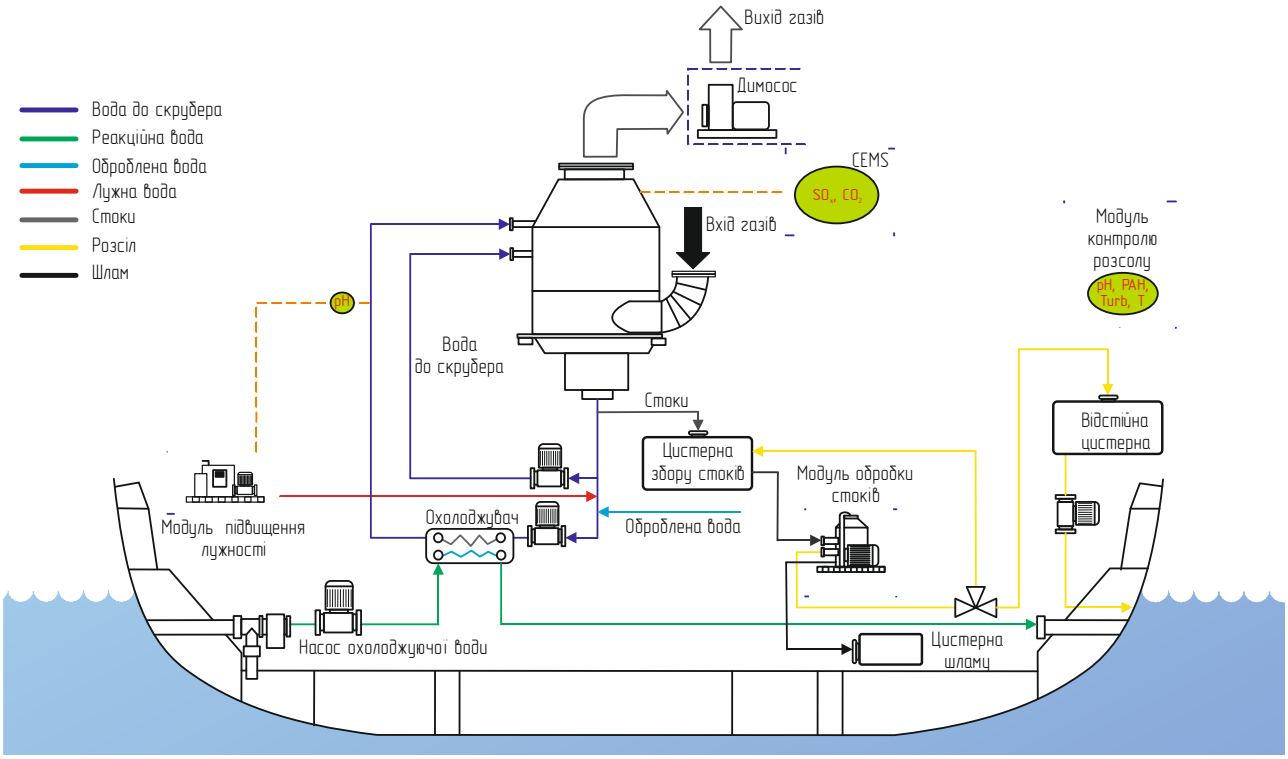


Рисунок 2. Система скруберування з закритим контуром

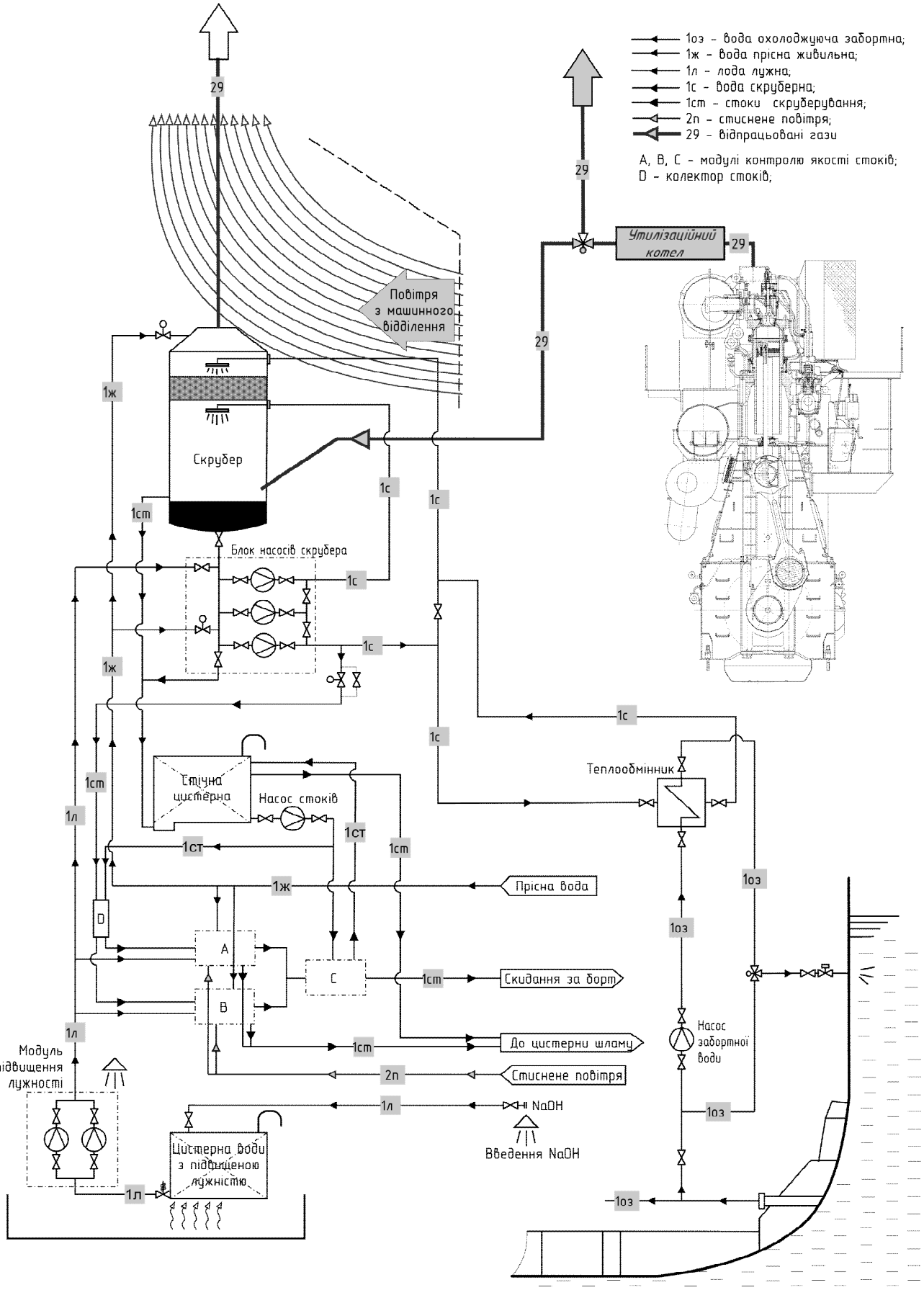


Рисунок 3. Система очищення відпрацьованих газів головного двигуна, що пропонується

АНАЛИЗ ПУТЕЙ РАЗВИТИЯ ВОЗДУШНО-ГАЗОВЫХ СИСТЕМ СУДОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Белоусов Е.В.
Херсонская государственная морская академия (Украина)

Введение. Судовые двигатели внутреннего сгорания (СДВС) как и большинство других поршневых и роторных машин транспортного назначения, для сжигания топлива в своем рабочем пространстве используют кислород воздуха, который поступает в двигатель из окружающей атмосферы. Взаимодействуя с топливом, в рабочем пространстве двигателя образуется смесь непрореагировавших компонентов воздуха с газообразными продуктами сгорания, которая используется в качестве рабочего тела, совершающего полезную работу на ходе расширения. Кроме того, атмосферный воздух используется для очистки рабочих цилиндров от продуктов сгорания. Особенно важна эффективная очистка рабочего пространства атмосферным воздухом в двухтактных двигателях, у которых отсутствует вытеснительный ход поршня.

Не менее важным процессом является удаление в окружающую среду отработавших газов двигателя, от эффективности которого в значительной степени зависят экономические, экологические и ряд других показателей двигателей.

Актуальность проблемы. Исходя из той значительной роли, которую играет атмосферный воздух в рабочем процессе поршневых двигателей, а также процессы газообмена двигателя с окружающей средой, становиться понятным насколько важной для любого двигателя является эффективная работа воздушно-газовой системы, на которую возложены функции подготовки воздуха к подаче его в цилиндры и эффективного отвода отработавших газов.

Под подготовкой воздуха к подаче в рабочий цилиндр подразумевается его очистка, предварительное сжатие, регулирование температуры и влажности. В некоторых случаях предусматривается регулирование его химического состава, например, перепуском части отработавших газов во впускной тракт или добавлением к воздуху горючих газов, используемых в качестве топлива.

Под эффективностью отвода отработавших газов в атмосферу понимают их выпуск с минимальным противодавлением, использование энергии отработавших газов, как для получения механической работы, так и тепловой энергии, изменение химического состава отработавших газов с целью уменьшения содержания в них вредных компонентов.

Вопрос эффективного газообмена рабочих цилиндров двигателей внутреннего сгорания с внешней средой стал актуальным практически с момента их создания, и остается таковым и по настоящее время.

За весь период существования поршневых двигателей механизмы и агрегаты воздушно-газового тракта прошли определенный путь развития от маломощных двигателей с наполнением цилиндров под атмосферным давлением до современных систем, оборудованных агрегатами наддува, позволяющими повысить мощность двигателя в несколько раз.

Анализ путей развития воздушно газовых систем СДВС.

При разработке первых поршневых двигателей их создатели в значительной мере опирались на опыт проектирования поршневых паровых машин, заимствуя оттуда как готовые технические решения, так и отдельные узлы, и агрегаты. Так, в первом поршневом двигателе внутреннего сгорания, имевшем некоторый коммерческий успех, его создателем, бельгийским инженером Жаном Жозефом Этьеном Ленуаром (Jean Joseph Etienne Lenoir) была использована золотниковая система газораспределения, заимствованная у паровых машин лишь с небольшими доработками (рис. 1).

Однако механизмы золотникового типа со скользящей золотниковой доской, с помощью которых осуществлялось распределение пара под давлением, оказались

малоэффективными в двигателях внутреннего сгорания, у которых заполнение рабочего пространства происходило под атмосферным давлением. Малое проходное сечение органов газораспределения, большие потери на трение, которые значительно возрастали с увеличением частоты вращения, сложность привода от дополнительной шейки коленчатого вала и ряд других недостатков заставили очень быстро отказаться от использования таких механизмов в ДВС.

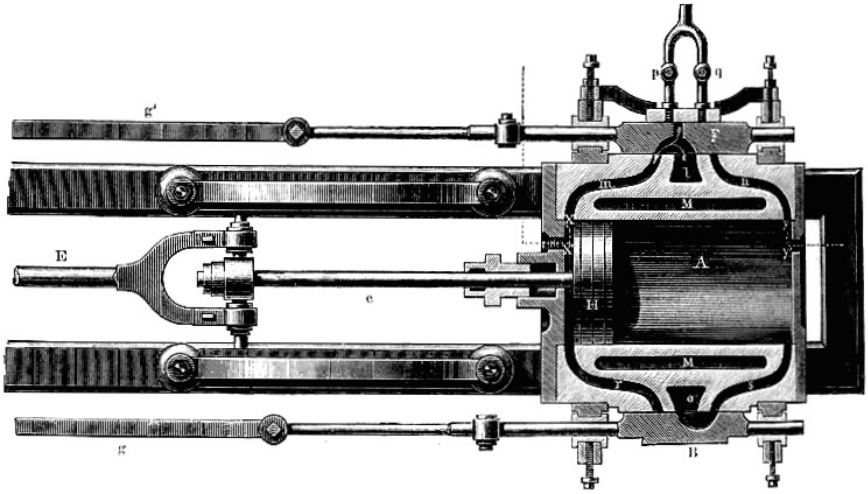


Рисунок 1. Золотниковый газораспределительный механизм двигателя Ленуара

Значительно усовершенствовать конструкцию двигателя Ленуара удалось немецкому инженеру Николаусу Августу Отто (Nikolaus August Otto). В 1863 году им был создан двухтактный двигатель с золотниковым газораспределением. Столкнувшись с теми же трудностями что и Ленуар, Отто предпринял ряд попыток усовершенствовать золотниковый механизм. Не смотря на коммерческий успех своего двигателя, выпуск которого он наладил совместно с Карлом Юджином Лангером (Karl Eugen Langen), Отто продолжил свои разработки по созданию четырехтактного двигателя. Эта работа завершилась успехом в 1876 году (рис. 2).

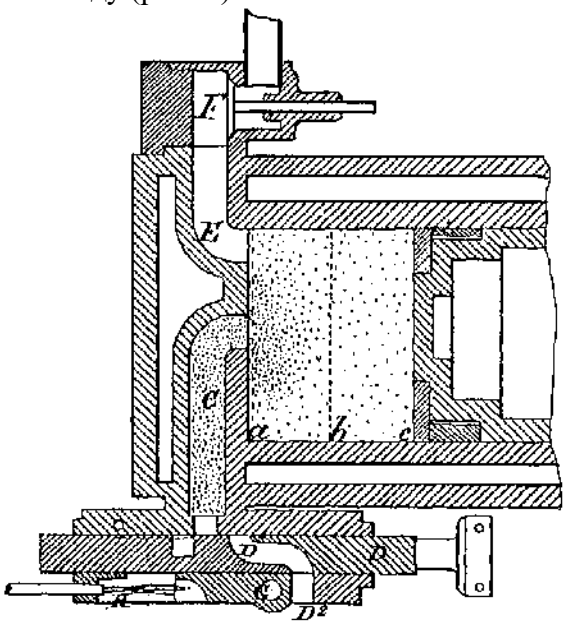


Рисунок 2. Комбинированное золотниково-клапанное газораспределение четырехтактного двигателя Отто

В конструкции четырехтактного двигателя проблему уменьшения сопротивления впуску удалось решить, установив впускной автоматический клапан (поз. *F*, рис. 2),

который открывался под действием разряжения в рабочем цилиндре. Выпуск отработавших газов осуществлялся с помощью золотниковой пары (поз. *D*, рис. 2).

Следует отметить, что на заре разработки первых двигателей внутреннего сгорания не существовало единого подхода к проектированию органов газораспределения. К вновь создаваемым двигателям внутреннего сгорания пытались применить уже известные технические решения, и клапанное газораспределение было одним из них. На некоторых типах паровых машин такой тип парораспределения уже был опробован и доказал свою эффективность.

К идее использовать клапанные механизмы для организации газообмена рабочего цилиндра с окружающей средой пришли сразу многие инженеры и конструкторы того времени, и, пожалуй, установить приоритетность такого решения за кем-либо из них сегодня не представляется возможным. В то же время первым двигателем с газораспределительным механизмом клапанного типа, имевшим большой коммерческий успех, можно считать двигатель, построенный Готтлибом Вильгельмом Даймлером (Gottlieb Wilhelm Daimler) в 1885 году (рис. 3).

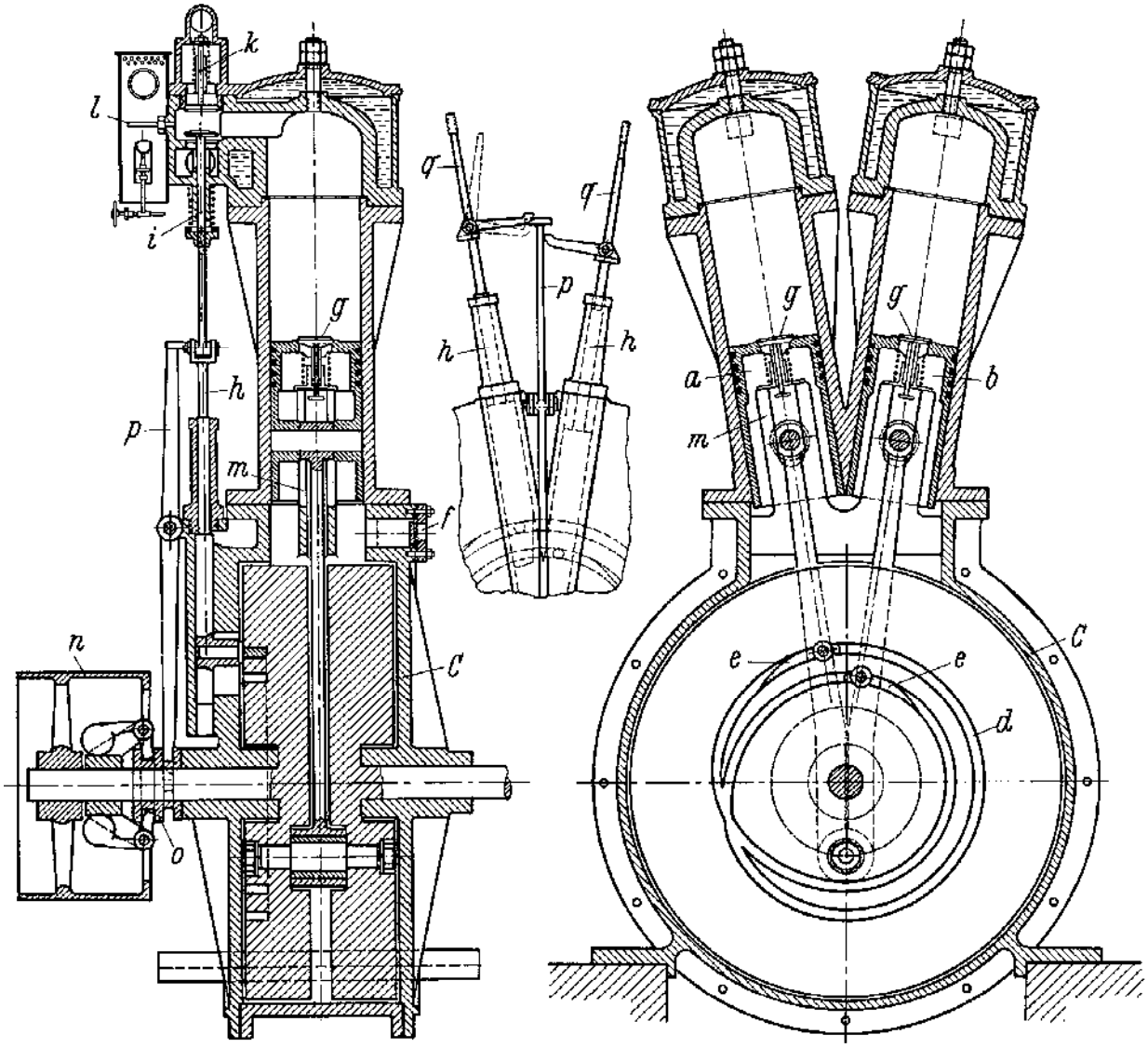


Рисунок 3. Двигатель Даймлера с клапанным газораспределением

В двигателе Даймлера, как и в двигателе Отто впускной клапан открывался под действием разряжения, а выпускной капан уже имел механический привод от коленчатого вала двигателя, на котором имелась система профилированных направляющих канавок (поз. *d*, рис. 3) по которым скользили направляющие толкателей (поз. *e*, рис. 3), обеспечивая им траекторию движения при которой один подъем клапана осуществлялся

за два оборота коленчатого вала. Следует отметить, что в данном двигателе помимо клапанного газораспределения подпоршневая полость использовалась для предварительного сжатия воздуха перед его подачей в рабочий цилиндр через дополнительный автоматический клапан, установленный на поршне (поз. g, рис. 3). Таким образом, этот двигатель можно также считать первым двигателем, на котором была предпринята попытка организовать наддув.

Не оказалось и принципиально новым появление на двигателях распределительного вала кулачкового типа, использовавшегося для привода клапанов. С ростом частот вращения двигателя быстродействие автоматического впускного клапана оказалось слишком низким. С одной стороны, что бы обеспечить быстрое закрытие клапана надо было увеличивать жесткость удерживающей его пружины, однако это приводило к повышению сопротивления его открытию. В результате этого, впускной клапан скоро приобрел механический привод, как и выпускной.

До изобретения дизельного двигателя было разработано большое количество различных схем клапанных механизмов, преимущественно с нижним расположением клапанов.

Нижнеклапанная схема с боковым расположением клапанов, в которой распределительный вал и клапана располагались блоке, в ряд сбоку от цилиндров, тарелками вверх. Привод осуществлялся через толкатель непосредственно от расположенного под ними распределительного вала.

Разновидностью нижнеклапанной схемы были имевшие некоторое распространение двигатели с Т-образной головкой. В них впускные клапаны находились с одной стороны блока цилиндров, а выпускные – с другой. Распределительных валов также было два.

Основные преимущества нижнеклапанной схемы – малая шумность, простота в изготовлении и обслуживании, отсутствие опасности касания клапанов и поршня. Все детали газораспределительного механизма этого типа находятся внутри блока, что позволяет получить очень компактный двигатель. Распределительный вал находится в общем картере с коленчатым валом, что упрощает систему смазки и повышает безотказность, отсутствуют промежуточные передаточные звенья между кулачками распределительного вала и клапанами. Головка блока нижнеклапанного двигателя представляет собой простую плиту с каналами для охлаждающей жидкости.

Недостатками нижнеклапанного двигателя является то, что камеры сгорания имеют сложную форму. Необходимость обеспечить, минимальное расстояние между осями цилиндра и распределительного вала и необходимый зазор между тарелкой клапана и стенками камеры сгорания вынуждало конструкторов придавать камере сгорания сильно вытянутую форму. В результате камера сгорания имела достаточно большой объем, что в свою очередь не позволяло увеличить степень сжатия. На практике степень сжатия у нижнеклапанных двигателей не превышала 7,5:1, что ограничивало возможности повышения их эффективности.

Очевидно именно невозможность получения высоких степеней сжатия, необходимых для получения устойчивого самовоспламенения топлива в рабочем цилиндре заставили немецкого инженера Рудольфа Кристиана Карла Дизеля (Diesel Rudolf Christian Karl) при разработке им рационального двигателя прейти к верхнеклапанному газораспределению (рис. 4).

Клапана, расположенные в головке цилиндров и открывающиеся в полость рабочего цилиндра, позволили значительно уменьшить объем камеры сгорания и повысить степени сжатия поршневых двигателей. Благодаря этому данная схема на сегодня является наиболее распространенной на всех типах двигателей, выпускаемых во всем мире.

Широкое распространение верхнеклапанная схема расположения клапанов на бензиновых двигателях получила после того как она была применена в 1904 году

Дэйвидом Данбаром Бьюиком (David Dunbar Buick) на двухцилиндровом двигателе рабочим объемом 2,6 л и мощностью 22 л.с. специально сконструированном для автомобиля «Buick B».

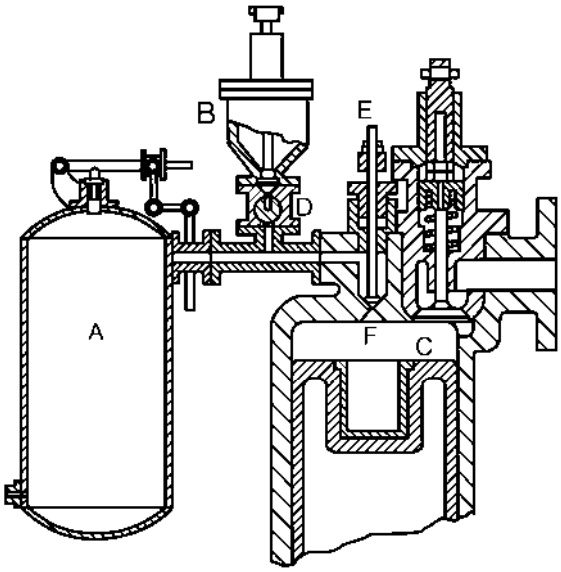


Рисунок 4. Двигатель Дизеля с верхнеклапанным газораспределением

Вместе с совершенствованием клапанных механизмов, на этапе зарождения двигателестроения многие разработчики пытались усовершенствовать золотниковое газораспределение. Так, вначале двадцатого века наряду с уже упомянутыми плоским золотниковыми механизмами, перспективным считалось так называемое гильзовое газораспределение. Впервые такая схема со скользящими гильзами была разработана американским инженером Чарльзом Найтом (Charles Yale Knight) в 1903 году, и часто по его фамилии называется «системой Найта». В двигателе Найта использовались две концентричные возвратно-поступательные движущиеся гильзы. Каждая гильза была снабжена крупными окнами с одного края. При смещении гильзы вверх и вниз эти вырезы периодически совпадали с впускным или выпускным окном в боковой стенке цилиндра. В движение гильзы приводились от промежуточного эксцентрикового вала, заменившего кулачковый, который вращался со скоростью вдвое меньшей, чем коленчатый вал. Этот механизм очень хорошо работал в двигателях с относительно небольшой мощностью, но при попытках получить высокую литровую мощность, двигатели с двойной гильзой из-за масляного голодания развитых поверхностей трения часто выходили из строя, и поэтому от них впоследствии отказались. В Англии работами по двигателям с гильзовым газораспределением занимался Гари Рикардо (Harry Ricardo) который в течение тридцати лет проводил исследовательские работы по гильзовому газораспределению. В ходе этих работ были разработаны варианты исполнения моторов, в которых гильзы вращались вокруг цилиндра, а не скользили вдоль него, двигатели с цилиндрами, окна которых располагались в головке блока, а не в боковых стенках и т.д. Благодаря проведенным работам было создано множество конструкций достаточно мощных бензиновых поршневых двигателей для нужд авиации, и только появление газотурбинных двигателей привело к сворачиванию этих работ.

Другой разновидностью золотникового газораспределения является схема, в которой функции золотника выполняет рабочий поршень, который при движении вдоль втулки последовательно открывает или закрывает окна для выпуска отработавших газов и впуска свежего заряда. Впервые такую схему для судовых двигателей применила фирма Sulzer в 1905 году, создав тем самым первый двухтактный дизельный двигатель. Ориентируясь на выпуск мощных судовых дизелей, фирма рассматривала двухтактный

цикл как наиболее рациональный путь, направленный на повышение удельной мощность и снижение габаритов, а отсутствие клапанов еще и как путь повышения надежности. В 1909 году эта же фирма выпустила первый двигатель с комбинированной золотниково-клапанной системой газообмена, получившей впоследствии название прямоточно-клапанной. По этой схеме процесс газообмена организован во всех современных судовых малооборотных двигателях большой мощности.

Значительный вклад в развитие золотниковых схем газораспределения внес выдающийся немецкий инженер и изобретатель Гуго Юнкерс (Junkers Hugo). Прямоточная схема продувки была им реализована в созданных для нужд авиации дизельных двигателях с противоположно движущимися поршнями. В двигателях Юнкерса один поршень управлял открытием впускных окон, а другой выпускных. Впоследствии такая схема газораспределения была названа схемой Юнкерса. Эта схема и по сей день находит применение на двигателях для наземного и морского транспорта.

Одним из путей повышения эффективности двигателей является управление процессом наполнения рабочего цилиндра и выпуском отработавших газов. Наиболее эффективно влиять на параметры рабочего процесса двигателя можно управляя процессами газообмена. Используя систему изменения параметров газораспределения, которая регулирует моменты открытия, закрытия и величину хода клапана в соответствии со скоростью вращения и нагрузкой на двигатель. Изменяя параметры газообмена можно изменять параметры сжатия и расширения, благодаря этому достигается более эффективное использование мощности двигателя, снижается расход топлива, снижается токсичность отработавших газов.

Впервые идея регулируемого газообмена, сжатия и расширения была высказана в 1882 году британским инженером Джеймсом Аткинсоном (James Atkinson). Суть идеи сводилась к следующему: повысить эффективность поршневого двигателя можно за счет сокращения хода сжатия и увеличения хода расширения рабочего тела. В результате уменьшатся затраты на сжатие и увеличится полезная работа, совершаемая газами в рабочем цилиндре. В бензиновых двигателях это давало еще и возможность использовать топлива с относительно невысокой детонационной стойкостью.

В своих патентах Актинсон предлагает реализовать данный принцип за счет достаточно сложных механизмов привода рабочего поршня. На рис. 5 представлена конструкция, схема которой заимствована из американского патента № 367496.

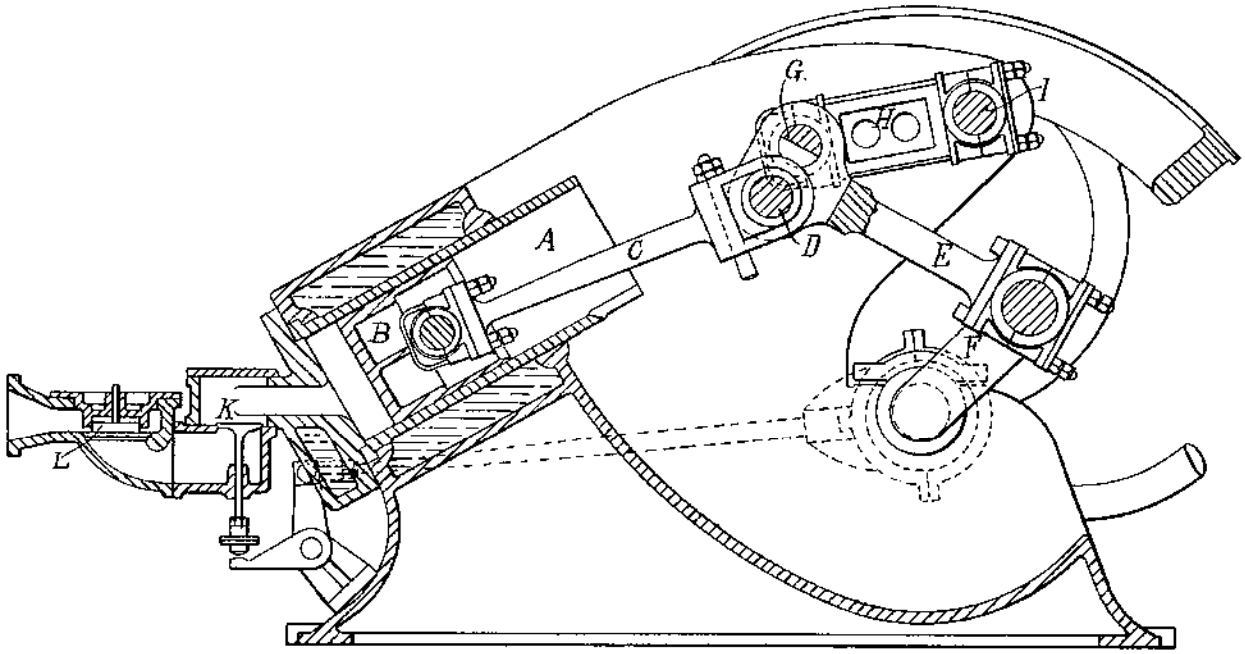


Рисунок 5. Двигатель Актинсона (заимствовано из американского патента № 367496)

Было построено несколько вариантов двигателя Актинсона, однако увеличение эффективности в значительной степени нивелировалось ростом механических потерь и сложностью механизма привода, а снижение наполнения цилиндра приводило к потере мощности по сравнению с аналогичными двигателями других конструкций. По этой причине широкого распространения двигатели Актинсона не получили.

В 1947 году американский инженер Ральф Миллер (Ralph Miller) возвращается к идее использования сокращенного сжатия и продолженного расширения. В отличии от двигателя Актинсона он предлагает реализовать данный принцип не за счет кинематики привода поршня, а путем подбора фаз газораспределения у двигателя с обычным кривошипно-шатунным механизмом.

Подобная организация рабочего процесса применима как к двигателям с самовоспламенением от сжатия, так и к двигателям с принудительным поджогом. При этом теоретический цикл двигателя Миллера с искровым зажиганием полностью соответствует циклу Актинсона.

Наиболее эффективно управлять процессом газообмена стало возможно с внедрением в двигателестроении микропроцессорных систем управления. Для приведения в действие клапанов в таких системах используются электрический (соленоиды), гидравлический или пневматический привод.

Первые малооборотные двигатели с электронным управлением рабочим процессом были введены в эксплуатацию фирмой Sulzer в 2001 году, а фирмой MAN – в 2003 году. Задача внедрения электронного управления заключалась в оптимизации рабочего процесса двигателей, сокращении вредных выбросов с отработавшими газами и снижении удельного расхода топлива. Использование электронных систем позволило повысить гибкость в управлении параметрами газообмена, а также углом опережения впрыска топлива, законом его подачи. Это, в свою очередь, дало возможность оптимизировать работу двигателя во всем диапазоне его рабочих режимов.

Выводы. На всем протяжении истории создания и внедрения на транспорте двигателей внутреннего сгорания подходы к организации их снабжения воздухом и отвода отработавших газов неоднократно менялись. Современные и перспективные требования к судовым двигателям позволяют полагать, что процесс поиска технических решений еще не завершен и данная область есть сферой приложения для начинающих ученных в области разработки двигателей, и возможно еще через некоторое время история развития систем воздушно-газового тракта будет дополнена новыми именами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Woodyard D. Marine diesel engines and gas turbines. Ninth Edition, Oxford OX2 8DP 200 Wheeler Road, Burlington, MA 01803, 2009. – 896 p.

2. Циннер К. Наддув двигателей внутреннего сгорания: Перевод с немецкого. Под ред. д-ра техн. наук Н.Н. Иванченко. – Л.: Машиностроение. Ленинградское отделение, 1978. – 264 с.

3. Diesel R. Arbeitsverfahren und Ausführungsart für Verbrennungskraftmaschinen, Patentiert № 67207 Im Deutschen Reiche vom 28. Februar 1892. – 13 p.

4. Brawn D.T. A History of the Sulzer low-speed marine diesel engine. Sulzer Brothers Ltd., 8401 Winterthur (Switzerk Design: W. Guntensperger, SPW, 8802 Kilchberg (Switzerland)

5. Patent № 367,496, dated August 2, 1887. United States Patent Office, James Atkinson, of Hampstead, County of Middlesex, England.

6. Miller R.H., Lieberherr H.U. The Miller supercharging system for diesel and gas engines operating characteristics, CIMAC, 1957, in: Proceedings of the 4th International Congress on Combustion Engines, Zurich, June 15-22, 1957, p. 787-803.

7. Белоусов Е.В. Топливные системы современных судовых дизелей: учебное пособие / Е.В. Белоусов. – Херсон: ХГМА, 2014. – 268 с.

МОНИТОРИНГ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА И ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА СРЕДНЕОБОРОТНОГО ТЕПЛОВОЗНОГО ДИЗЕЛЯ K6S310DR

Варбанец Р.А., Ивановский В.Г., Кырнац В.И., Сторчак А.А.
Одесский национальный морской университет (Украина)

С помощью методов параметрической диагностики были улучшены рабочие характеристики и повышена экономичность среднеоборотных дизелей K6S310DR маневровых тепловозов ЧМЭ3. Индицирование проводилось системой мониторинга D4.0H до и после очередного ремонта дизеля на станции реостатных испытаний в локомотивном депо № 1 Одесса-Сортировочная. Были выявлены и устранены неисправности в работе топливной аппаратуры высокого давления ТА и механизма газораспределения МГР.

Особенности конструкции крышки цилиндра и форсунки дизеля K6S310DR позволили с помощью анализа виброакустических сигналов получить качественную картину топливоподачи и газораспределения на фоне развернутой p(φ) диаграммы рабочего процесса. В результате диагностики обнаружены и устранены дефекты, а также произведена регулировка топливной аппаратуры высокого давления и механизма газораспределения, достигнуто равномерное распределение механических и тепловых нагрузок по цилиндрам дизеля в результате чего повышен моторесурс и устранен перерасход топлива.

Индицирование дизелей *K6S310DR* маневровых тепловозов ЧМЭ3 производилось на стации реостатных испытаний в локомотивном депо № 1 Одесса-Сортировочная. По требованию локомотивной службы индицирование производилось дважды: до и после плановых ремонтных работ. При необходимости, если после ремонта выявлялись критические замечания, циклы ремонт-индицирование повторялись.

Дизель *K6S310DR* рядный шестицилиндровый с рабочим объёмом 163 л, с турбонаддувом и промежуточным охлаждением наддувочного воздуха, рис. 2. Дизель модернизирован так, что при частоте вращения – 775 мин$^{-1}$ его мощность составляет 1100 кВт [1]. На холостом ходу частота вращения – 350 мин$^{-1}$. Поршень выполнен с камерой сгорания, его диаметр – 310 мм, ход – 360 мм. В [1] указано, что удельный эффективный расход топлива этих дизелей снижен (!) до 225 г/(кВт·ч). В настоящее время такая величина удельного расхода топлива не может выдерживать конкуренции с современными среднеоборотными дизелями основных фирм: Wärtsilä, Caterpillar, Deutz, MTU и др., которые заявляют величины удельного расхода топлива SFOC меньше 200 г/(кВт·ч). Например, СОД Wärtsilä 6L32 с системой топливоподачи Common rail, при аналогичной частоте вращения – 775 мин$^{-1}$ и цилиндровой мощности 500 кВт (!) имеет удельный эффективный расход топлива SFOC = 176 г/(кВт·ч) [2]. В процессе эксплуатации, при ухудшении технического состояния дизеля *K6S310DR*, его мощность снижается, а удельный расход еще больше увеличивается, почти «достигая показателей» самых первых компрессорных дизелей Рудольфа Дизеля – 300 г/(кВт·ч).

Безопасность эксплуатации дизеля зависит от характеристик рабочего процесса в цилиндрах. Равномерное распределение мощностей и тепловых нагрузок между цилиндрами не только снижает расход топлива, но и уменьшает перекосы тепловых напряжений и общий уровень вибрации, что снижает вероятность аварии. Не допускать такой ситуации и придерживаться, хотя бы приблизительно, паспортных значений мощности и расхода можно только путем поддержания нормального технического состояния дизеля. С помощью корректного выявления и устранения неисправностей, а также регулировки ТА и МГР с помощью мониторинга рабочего процесса и разработанных методов параметрической диагностики.

Два основных характерных отличия системы, позволяют производить качественную и быструю параметрическую диагностику дизелей: 1) параллельный анализ давления в цилиндре, топливоподачи и газораспределения; 2) использование расчетного алгоритма синхронизации данных.

Диагностические параметры рабочего процесса дизеля определяются по трем информационным каналам: давлению газов в цилиндре в течение рабочего цикла, вибродиаграмме процесса впрыскивания топлива и вибродиаграмме работы клапанов газораспределения.

Испытания дизелей K6S310DR показали, что перерасход топлива, относительно паспортного значения в среднем до 7% и выше, возникает даже при некритическом снижении качества работы ТА и МГР, и последующей разбалансировке мощностей цилиндров. Многие тепловозы длительное время эксплуатируются в таком состоянии. В связи с этим очевидна необходимость периодического контроля рабочего процесса и поддержания нормального технического состояния основных узлов и систем дизеля, влияющих на качество сгорания топлива.

Качество и эффективность ремонтных работ зависит от точности диагностической информации о характере и локализации дефекта. Проведение обычной процедуры индицирования с анализом одних лишь только индикаторных диаграмм $p(\varphi)$ не дает подробного описания дефектов, особенно это касается топливной аппаратуры высокого давления. Применяемая в системе D4.0H методика применения виброакустичекого анализа, параллельного с индицированием, является наиболее приемлемой при реостатных испытаниях. Получение точной диагностической информации о техническом состоянии ЦПГ, ТА и МГР дизелей тепловозов позволило повысить эффективность ремонтных работ и проверить качество их исполнения. В результате был исключен перерасход топлива относительно паспортных значений и повышена безопасность эксплуатации маневровых тепловозов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Симсон А. Э. Тепловозные двигатели внутреннего сгорания: Учебник для вузов / Симсон А.Э., Хомич А.З., Куриц А.А., Бартош Е.Т., Грицевский М.Е.// М.: Транспорт. − 2-е изд., перераб. и доп., 1987. − 536 с.

2. Medium-speed engines Wärtsilä 32: http://www.wartsila.com/

АНАЛИЗ СИСТЕМЫ ГЕНЕРИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ С ГАЗОТУРБИННЫМ ПРИВОДОМ

Вороненко С.В., Ищенко И.М.
Херсонская государственная морская академия (Украина)

Известно, что повышение экономичности и надежности судовых энергетических систем может быть обеспечено при комплексном проведении работ по совершенствованию как судовых энергетических установок (СЭУ), так и судовых электроэнергетических систем (СЭЭС). Применение валогенераторных установок и утилизационных турбогенераторов (УТГ) позволяет уменьшить себестоимость электроэнергии, снизить эксплуатационные расходы и повысить надежность СЭЭС.

Анализ современных систем утилизации тепла выхлопных газов показывает, что их режимы и условия работы выбираются без учета особенностей работы и режимов СЭУ и СЭЭС. Так, режимы работы турбогенераторов, как правило, выбираются без учета особенностей и режимов работы газотурбинного наддува судовых дизелей. В связи с этим, практически во всех случаях возникают проблемы с обеспечением наддува при пуске двигателей, их работе на режимах малого хода, а также на режимах при избыточной мощности турбины. Вместе с тем, при выполнении системы наддува и утилизации тепла выхлопных газов в соответствии со схемой, представленной на рис. 1, отмеченные проблемы решаются относительно просто.

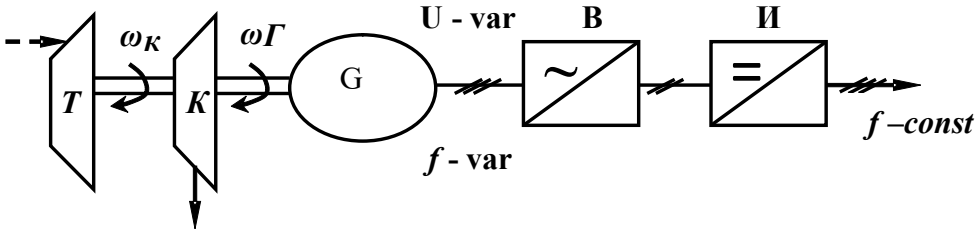


Рисунок 1. Схема системы генерирования электроэнергии с приводом генератора от турбокомпрессора

В состав системы входят: Т – турбина, работающая от выхлопных газов дизеля; К – компрессор наддува дизеля; G – генератор переменного тока; В – выпрямитель; И – инвертор.

Это может быть достигнуто за счет соответствующего изменения режима работы генератора с преобразователем частоты. В режиме пуска двигателя и на малом ходу наддув осуществляется переводом генератора в режим двигателя при его питании от судовой СЭЭС.

В качестве примера таких систем можно привести «Морской гибридный турбокомпрессор для производства электроэнергии» разработки «Mitsubishi», Япония, представленный на рис. 2.

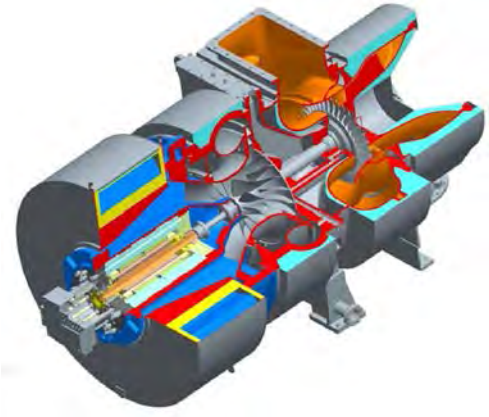


Рисунок 2. Турбокомпрессор наддува с электрическим генератором

Следует отметить, что в таких системах необходимо учитывать особенности режимов и условий работы генератора. А именно: высокую частоту вращения (более 12000 мин$^{-1}$), высокую температуру окружающей среды, изменение частоты вращения генератора при изменении нагрузки из-за недостаточной жесткости механической характеристики турбины. Это подтверждается анализом характеристик указанного турбокомпрессора. Например, при изменении нагрузки генератора от нуля до 560 кВт частота вращения турбины и, соответственно, генератора уменьшается более чем на 10% при одном и том же давлении газа на входе турбины. Механические характеристики газовой турбины представлены на рис. 3.

Момент, развиваемый турбиной зависит от массового расхода газа, а соответственно, и режимов работы дизеля. Так, при изменении режима работы дизеля от минимально устойчивой частоты вращения до максимальной массовый расход и давление выхлопного газа будет изменяться в значительных пределах.

Момент, развиваемый турбиной, определяется по формуле:

$$M = \frac{k_1 \cdot Q_T \cdot \eta_Э}{\omega},$$

где Q_T – расход газа через турбину; $\eta_Э$ – эффективный КПД турбины; ω – угловая скорость ротора турбины; k_1 – коэффициент (постоянный для режима работы при постоянных значениях p_1 / p_2 и T_1 / T_2); p_1 и T_1 – давление и температура заторможенного газа на входе в турбину; p_2 и T_2 – давление и температура на выходе из турбины.

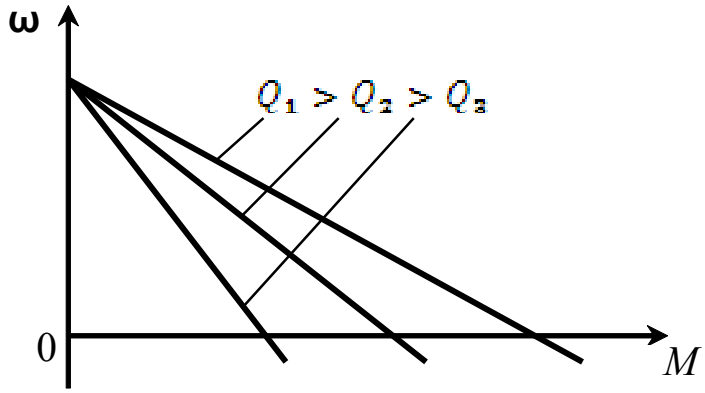


Рисунок 3. Механические характеристики турбины: ω – частота вращения; M – момент на валу турбины; Q – массовый расход газа через турбины.

Как следует из приведенных характеристик при выборе системы генерирования электроэнергии необходимо учитывать особенности работы турбины при различных режимах работы дизеля, особенно при динамических изменениях его мощности и частоты вращения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пахомов Ю.А. Судовые энергетические установки с двигателями внутреннего сгорания : учебник / Ю.А. Пахомов. – М: ТрансЛит, 2007 – 528 с.

2. Корнилов Э.В. Системы газотурбинного наддува судовых дизелей (Основы теории, эксплуатация, конструкции, ремонт) / Э.В. Корнилов, П.В. Бойко; Ассоц. мор. инженеров-механиков. – О. : Студия "Негоциант", 2006. – 224 с.

3. Лищенко А.И. Асинхронные машины с массивным ферромагнитным ротором / А.И. Лищенко, В.А. Лесник. – К. Наукова думка, 1984 – 168 с.

4. Зонтов В.М. Системы электроснабжения летательных аппаратов / В.М. Зонтов, Б.В. Куприн. – М.: ВВИА им. проф. Н.Е.Жуковского, 1988. — 395 с.

САМООРГАНІЗУЮЧІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ СУДНОВИМИ ТЕХНІЧНИМИ ЗАСОБАМИ

Дощенко Г.Г., Наговський Д.А.
Херсонська державна морська академія (Україна)

Ця робота направлена на підвищення ефективності і конкурентоспроможності систем управління суден нового покоління.

Розробка автоматизованих суднових технічних засобів (СТЗ) з оптимальними характеристиками означає підвищення їх конкурентоспроможності, збільшення продуктивності обладнання, зниження паливних і енергетичних витрат, економію металу, сировини і інших матеріальних ресурсів. Впровадження ефективних автоматизованих СТЗ дозволить істотно підвищити безпеку мореплавання, понизити експлуатаційні витрати, скоротити чисельність суднових екіпажів і підвищити провізну здатність судів.

Одним з основних напрямів рішення цієї проблеми було створення автономних адаптивних систем автоматичного управління безпекою суднової електроенергетичної системи, яка забезпечує в більшості випадків автоматичну настройку параметрів (параметричну адаптацію) системи при зміні стану об'єкту управління і зовнішніх умов плавання (швидкості ходу, осідання судна, стани погоди, глибини під кілем). Досвід експлуатації таких адаптивних систем підтвердив підвищення їх техніко-економічної ефективності в порівнянні з традиційними системами. Проте вживання адаптивних систем дозволило лише частково розв'язати проблему, оскільки потенційні можливості параметричної адаптації обмежені. В даному випадку, у зв'язку з вказаними особливостями судна, як об'єкту управління, системи автоматичного управління безпекою суднової електроенергетичної системи, для повного вирішення проблеми потрібне використання структурної і параметричної адаптації, яка не пов'язана з математичною моделлю об'єкту і реалізується алгоритмами системи управління, що самоорганізовується. Проведені дослідження підтвердили такі можливості системи управління, що самоорганізовується. Приведений приклад є типовим.

Комплексний розгляд можливостей і переваг систем управління СТЗ, що самоорганізуються, дає підставу для ствердження, що пропонований підхід до вдосконалення засобів автоматизації різного призначення (регулювання, контролю, сигналізації, захисту і ін.) судновими технічними засобами є перспективним.

В роботі запропонована математична модель, яка дозволяє визначати похибки вимірювання векторів трифазної напруги високовольтних ЕЕО з урахуванням впливу вхідних сигналів, індивідуальних метрологічних характеристик ТН, що входять до складу каналу, параметрів ліній приєднання вторинного навантаження до групи ТН, величини та характеру цього навантаження. Обчислення похибок з використанням запропонованої моделі дозволяє підвищити точність вимірювання векторів напруги введенням поправок до результатів вимірювання.

У зв'язку з особливостями судна, як об'єкту управління системи автоматичного управління безпекою суднової електроенергетичної системи, для повного вирішення проблеми потрібне використання структурної і параметричної адаптації, яка не пов'язана з математичною моделлю об'єкту і реалізується алгоритмами системи управління, яка самоорганізовується. Проведені дослідження підтвердили такі можливості системи управління, яка самоорганізовується.

ЛІТЕРАТУРА

1. Одинаев В.А. Математическая модель пространства состояний судовой электроэнергетической системы. Принятие оперативных решений. // Судостроение. – 2003. – №5. – С. 42 – 44.

2. Субботін С.О. Подання й обробка знань у системах штучного інтелекту та підтримки прийняття рішень – Запоріжжя: ЗНТУ, 2008. – 341 с.

3. Субботін С.О. Неітеративні, еволюційні та мультиагентні методи синтезу нечіткологічних і нейромережних моделей: Монографія / С.О. Субботін, А.О. Олійник, О.О. Олійник; під заг. ред. С.О. Субботіна. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2009. – 375 с.

ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ДВИГАТЕЛЬНЫМИ РЕЖИМАМИ СУДОВОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ С УЧЕТОМ НАГРУЗКИ

Каштальян П.В., Рожков С.А.
Херсонська державна морська академія (Україна)

Введение. Экономия энергетических ресурсов является приоритетной задачей современной экономики в целом и морского транспорта в частности. Основные качества судовых энергетических установок закладываются и обеспечиваются на стадиях конструирования и наладки, однако правильное использование их конструктивных мощностей и резервов зависит от должного уровня технической эксплуатации и организации работы судна в целом [1]. Одним из путей улучшения количественных показателей использования судов является снижение потерь топлива, выбор и обеспечение оптимальных режимов работы СДУ, в т.ч. за счет средств автоматизации.

Актуальность работы. Комитет IMO по охране морской среды на своей 59 сессии (с 13 по 17 июля 2009 года), обозначив необходимость развития инструментов управления для того, чтобы помочь судовладельцам в улучшении экологических показателей их судов, принял решение об издании Наставления по развитию плана управления энергоэффективностью судна [2]. Согласно с этим и иными сопряженными нормативными документами IMO уровень энергоэффективности судна определяется с помощью двух показателей: EEDI (Energy Efficiency Design Index) – конструктивный индекс энергоэффективности, определяемый для новых либо переоборудованных судов, а также EEOI (Energy Efficiency Operational Indicator) – оперативный индекс энергоэффективности, вычисляемый по факту выполнения судном рейса, за определенный временной промежуток, или часть маршрута.

EEDI прошел значительный путь становления и в разное время в разных странах (Дания, Япония, США и т.д.) имел отличную от других методику вычисления [3]. В конечном итоге резолюцией MEPC.203 (62) в МАРПОЛ-73/78 закреплена следующая формула для расчета конструктивного индекса энергоэффективности судна:

$$\frac{\left(\prod_{j=1}^{n} f_j\right)\left(\sum_{i=1}^{nME} P_{ME(i)} \cdot C_{FME(i)} \cdot SFC_{ME(i)}\right) + (P_{AE} \cdot C_{FAE} \cdot SFC_{AE}^{*}) + \left(\left(\prod_{j=1}^{n} f_j \cdot \sum_{i=1}^{nPTI} P_{PTI(i)} - \sum_{i=1}^{neff} f_{eff(i)}\right) C_{FAE} \cdot SFC_{AE}\right) - \left(\sum_{i=1}^{neff} f_{eff(i)} \cdot P_{eff(i)} \cdot C_{FME} \cdot SFC_{ME}^{**}\right)}{f_i \cdot f_c \cdot Capacity \cdot f_w \cdot V_{ref}},$$

где C_f – безразмерный коэффициент перевода расхода топлива в количество выброса CO_2 в тонах на тону топлива;

V_{ref} – скорость судна (уз.), соответствующая заданному значению $Capacity$ – для грузовых судов = дедвейт (т);

P_{ME} и P_{AE} – мощность главных и вспомогательных двигателей, кВт;

$P_{PTO(i)}$ – мощность валогенераторов, кВт;

$P_{PTI(i)}$ – мощность валомоторов, кВт;

$P_{eff(i)}$ – мощность инновационных механических установок, кВт;

SFC – *specific fuel consumption* – спецификационный расход топлива, г/(кВт·ч);

f_j – коэффициент поправки мощности в зависимости от конструктивных

элементов судна;

f_w – коэффициент снижения скорости за счет сопротивления внешней среды (ветер, волнение и т.д.) [2].;

$f_{eff(i)}$ – коэффициент использования инновационных технологий по энергоэффективности (к примеру для вторичного использования побочного тепла равен единице);

f_i – коэффициент снижения грузоподъемности за счет конструктивных элементов (ледовый класс);

f_c – коэффициент на поправку грузовместимости, для сухогрузов принимаем за единицу.

В то же время для эксплуатируемых судов предлагается следующая формула вычисления оперативного показателя энергоэффективности [2]:

$$EEOI = \frac{\sum_j FC_j \times C_{Fj}}{m_{cargo} \times D},$$

где j – тип топлива;

FC_j – масса расходованного топлива;

m_{cargo} – масса груза;

D – пройденное расстояние в м. милях.

Вышеуказанные формулы дают результат в тоннах выброса CO_2 на тонну груза перевозимого с определенной скоростью или на тонно-милю рейса.

Таким образом, Международной морской организацией разработан инструментарий по определению энергоэффективности судна, разработаны рекомендации по ее усовершенствованию. Однако, такого рода методики нацелены на сокращение вредных выбросов и используют довольно общие показатели и поэтому не учитывают особенностей конкретного судна, его загрузки, динамически меняющегося влияния внешней среды. Конечно, перечисленные факторы могут быть отмечены в плане энергоэффективности судна, вмещать определенные характеристики СЭУ, но, следовательно, возникает необходимость оперативного учета ветрового воздействия, волнения, течений, мощности главной силовой установки, частоты вращения вала, параметров работы валогенератора и т.д.

Компенсация внешних воздействий для получения оптимальных результатов работы судна выполняется членами экипажа посредством ручного управления либо автоматизированными устройствами (например система динамического позиционирования), а поэтому является объектом автоматизации и требует более детального рассмотрения.

В связи с необходимостью прогнозирования параметров внешних воздействий современные автоматизированные системы управления могут вырабатывать некорректное управляющее решение, что может привести к потере желаемых параметров работы, либо чрезмерному и неэффективному использованию средств управления параметрами движения судна. В подобных случаях оператор вынужден принимать ручное управление

на себя, что часто сопряжено с повышенной рабочей нагрузкой в условиях сокращенных судовых экипажей.

Для устранения необходимости вмешательства человека в процесс работы автоматизированной системы управления судном при существенных и трудно-прогнозируемых внешних воздействиях современная литература рекомендует внедрять системы робастного управления [5]. Однако по нашему мнению, тема робастно-оптимальных систем управления судном не достаточно полно раскрывает особенности ее внедрения на различных типах судов при различных условиях загрузки, внешних воздействий и т.п. Кроме прочего наиболее изученной стороной робастных систем управления является их применение на судах с динамическим позиционированием, суда торгового флота в данном аспекте изучены мало.

Для проведения анализа необходимости внедрения робастных систем на судах торгового флота, параметров их работы и конечной рентабельности следует провести целый ряд экспериментов и замеров рабочих параметров, таких как: влияние волнения на обороты вала, зависимость расхода топлива от загрузки, воздействия внешних сил и т.д.

Выводы. Рентабельность морского транспорта напрямую зависит от его энергопотребления. Энергоэффективность судов разнится в зависимости от внедренной системы управления. При осуществлении управления судном необходимо учитывать значительное количество возмущающих факторов, параметров загрузки и состояния судна, производить прогнозирование последующих внешних воздействий. Автоматизация систем управления позволяет снизить нагрузку на членов экипажа, повысить энергоэффективность судна, однако в сложных условиях плавания возрастает вероятность некорректной или неэффективной работы такой системы. Минимизировать такие ситуации призваны робастно-оптимальные системы управления судном. Для анализа результатов использования робастных систем на судах необходимо провести ряд практических замеров и экспериментов, призванных определить прикладной интерес для судоходного бизнеса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Повышение эффективности использования топлива на морском флоте: метод. указания к самостоятельной работе студентов по дисциплине «Эксплуатация СЭУ» специальности 7.100302 «Эксплуатация судовых энергетических установок» всех форм обучения /Сост. Ю.А. Лисняк. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2005. – 38 с.

2. Resolution MEPC.203 (62). Amendments to the annex of the protocol of 1997 to amend the International convention for the prevention of pollution from Ships, 1973, as modified by the protocol of 1978 relating thereto (Inclusion of regulations on energy efficiency for ships in MARPOL Annex VI). – London: MEPC, 2011. – 17p.

3. Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP): SEEMP template for owners and operators. – London: Lloyd`s Register, 2012. – 12 p.

4. Guidelines for voluntary use of the ship energy efficiency Operational indicator (EEOI). – London: IMO, 2009.

5. Тимченко, В. Л. Робастная стабилизация морских подвижных объектов на основе систем с переменной структурой обратных связей [Текст] / В.Л. Тимченко, Ю.П. Кондратенко // Проблемы управления и информатики. – К., 2011.

ТЕРМОПРЕССОРНОЕ УВЛАЖНЕНИЕ НАДДУВОЧНОГО ВОЗДУХА СУДОВОГО СРЕДНЕОБОРОТНОГО ДВС

Коновалов Д.В., Джуринская А.А.
Херсонский филиал Национального университета кораблестроения имени адмирала Макарова (Украина)

В современных ДВС для снижения выбросов в атмосферу оксидов азота NO_x применяют увлажнение наддувочного воздуха. Перспективной разработкой в данном направлении является система "Combustion Air Saturation System" (CASS), разработанная фирмой "Wärtsilä" [1]. В аппарате системы вода разбрызгивается в поток наддувочного воздуха ДВС сразу за турбокомпрессором. Испарение капель воды осуществляется при высокой температуре и скорости воздушного потока около 75 м/с. Влагосодержание воздуха на выходе из CASS составляет 60...80 г/кг при температуре 70...90 °С. Количество воды, подаваемое в цилиндры двигателя с наддувочным воздухом, должно быть в 3 раза больше количества сжигаемого топлива. Это позволяет снизить эмиссию NO_x на 70...80 %.

Для целей контактного охлаждения и экологического увлажнения наддувочного воздуха на входе в цилиндры ДВС предложен способ тонкого распыления воды в наддувочном воздухе термопрессором благодаря турбулизации потока при высоких скоростях (число Маха M = 0,80...0,95).

Эффект термогазодинамической компрессии (термопрессии) в современных системах наддувочного воздуха ДВС позволяет совместить несколько процессов [2]: повышение давления наддувочного воздуха, его контактное и экологическое увлажнение. Эффект термопрессии заключается в повышении давления газа в процессе мгновенного испарения воды, которая впрыскивается в газовый (воздушный) поток, ускоренный до околозвуковой скорости. При этом на испарение воды отводится теплота от наддувочного воздуха, в результате чего снижается его температура с одновременным повышением давления.

В рассматриваемой схеме сжатый воздух с высокой температурой поступает на испарительное охлаждение в термопрессор. Использование термопрессора позволит частично или полностью исключить применение конструктивно более сложных систем увлажнения наддувочного воздуха. Особенностью предложенной системы является то, что количество впрыскиваемой воды больше необходимой для испарения в процессе термогазодинамической компрессии. Это позволяет увеличить влагосодержание воздуха на входе в цилиндры двигателя.

Анализ работы термопрессорной системы был проведен относительно среднеоборотного судового двигателя фирмы "Wärtsilä" серии 46. Исследования показали, что при начальных параметрах воздуха на входе в турбокомпрессор: температуре t = 25...40 °С, относительной влажности φ = 40...70 %, влагосодержание воздуха за термопрессором составляет при степени повышения давления в турбокомпрессоре $\pi_к$ = 3,0 – $d_{в2}$ = 40...120 г/кг, а при $\pi_к$ = 4,0 – $d_{в2}$ = 50...135 г/кг, что, в свою очередь, позволяет уменьшить выбросы оксидов азота NO_x на 50...70 % при $\pi_к$ = 3,0 и на 65...85 % при $\pi_к$ = 4,0. Общее повышение давления воздуха достигает ΔP = 10...15 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Steffens D. The Diesel Engine and the Environment [Text] / D. Steffens. – Session chair. Wayne Cole, Cole Engineering. Houston, Texas, September 16-17, 2003. – 36 p.

2. Термопресорні системи охолодження надувного повітря суднових [Текст] / Д.В. Коновалов // Авиационно-космическая техника и технология. – 2011. – №10(87). – с. 44-48.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЕ ДИЗЕЛЕЙ ПРИ ЕЕ ДИАГНОСТИКЕ

Ласинович Б.Б., Врублевский А.Н.
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет (Украина)

Совершенствование методик диагностирования компонентов топливной аппаратуры дизелей происходит в нескольких направлениях. Одними из основных являются внедрение технологий безразборной диагностики в период обслуживания двигателя, а также формализация процессов тестирования объекта и поиска неисправностей. Работы в указанных направлениях будут успешны только с применением микропроцессорной техники, а также достоверных математических моделей процессов.

Применяя математический аппарат комплекса AVL BOOST HYDSIM, используемый при формировании моделей гидродинамических процессов, на кафедре двигателей внутреннего сгорания ХНАДУ созданы расчетные схемы гидравлических трактов стендов для проверки топливной аппаратуры, в частности, схемы, реализованные в оригинальном стенде для проверки форсунок различного типа (закрытых гидромеханических, электрогидравлических, электромеханических). Особенностью гидравлической схемы стенда является наличие топливного аккумулятора, в котором с помощью насоса поддерживается необходимый уровень давления.

В данном аккумуляторе уровень давления превосходит давление начала впрыскивания, определяемого предварительной затяжкой пружины форсунки на 15…25 %. Универсальность метода (возможность проверять форсунки различных двигателей) достигается путем изменения объема аккумулятора. Задача, решаемая в ходе моделирования гидродинамических процессов, также связана с определением конструктивных параметров стенда. При решении данной задачи необходимо определить объем аккумулятора, длины и диаметры топливопроводов, соединяющих топливный насос с аккумулятором и аккумулятор со штуцером форсунки, частоту вращения вала топливного насоса. Необходимость обеспечения эффективной проверки форсунок различных дизелей усложняет поставленную задачу.

При выполнении данного исследования в среде AVL BOOST HYDSIM составлена модель гидродинамической системы стенда для проверки форсунок (рис. 1).

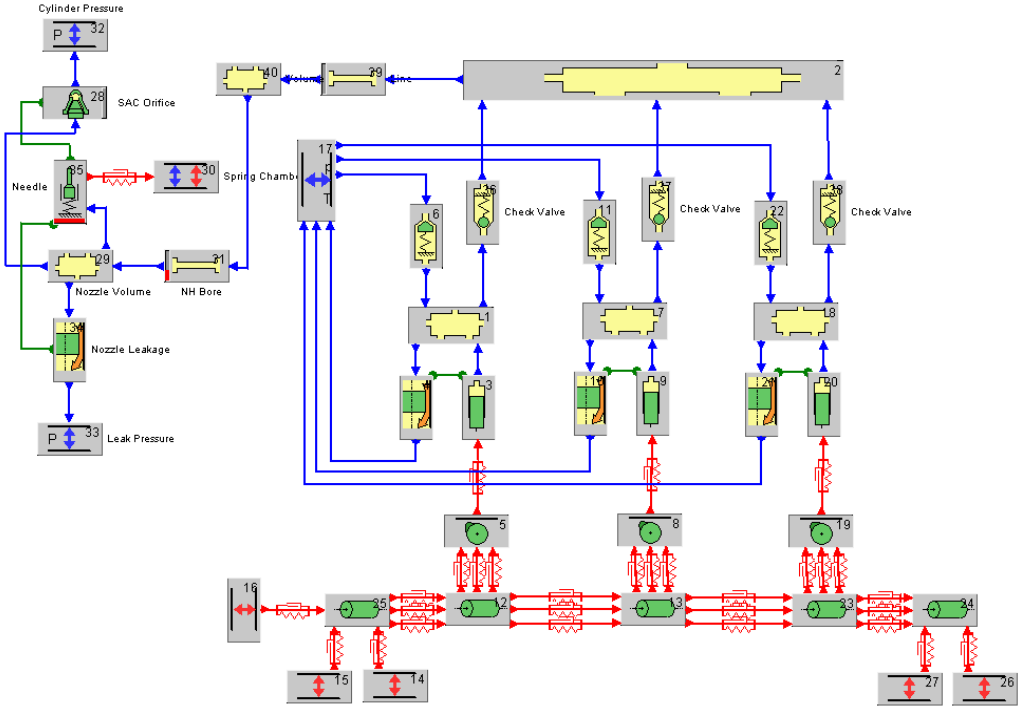


Рисунок 1. Гидродинамическая модель системы стенда проверки форсунок

Компонентами модели являются топливный насос, обеспечивающим нагнетание топлива в аккумулятор, соединительные трубопроводы и проверяемая форсунка. Задача течения топлива в трубопроводах и аккумуляторе решается с учетом прямых и отраженных волн методом Д'Аламбера. При моделировании основной акцент сделан на описании процессов, происходящих в форсунке в период проверки по предлагаемой методике, поскольку характер протекания впрыскивания в данном случае отличается от штатного на двигателе.

Представленная в данной работе часть исследований, направленная на создание эффективной методики определения состояния дизельных форсунок, позволила выбрать критерии для оценки четырех основных параметров. В результате расчетов получены и проанализированы характеристики впрыскивания, аналогичные рис. 2.

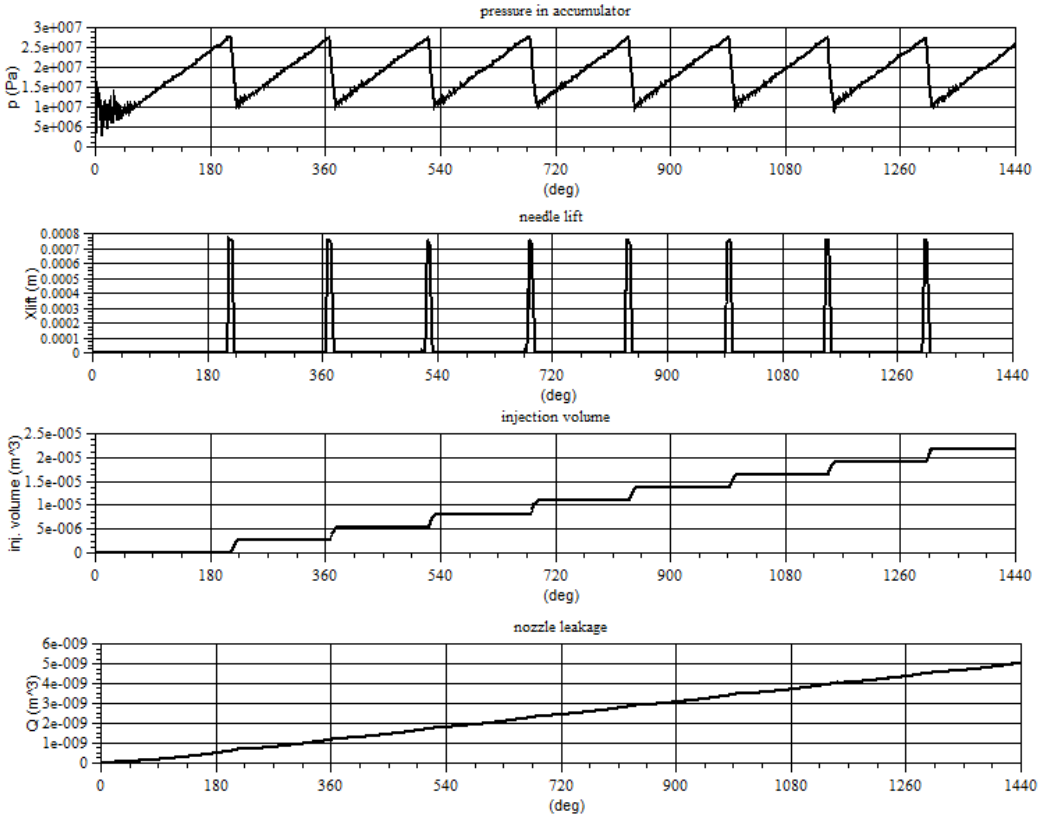


Рисунок 2. Расчетные характеристики топливоподачи для форсунки дизеля ЧН26/26 в условиях стенда: а – перемещение иглы распылителя; б – давление в гидравлическом аккумуляторе

При разработке метода определения состояния форсунки в среде AVL BOOST HYDSIM составлена модель гидродинамической системы стенда для проверки форсунок. При моделировании основной акцент сделан на описание процессов, происходящих в форсунке в период верификации по предлагаемой методике, поскольку характер протекания впрыскивания в данном случае отличается от штатного на двигателе.

Выводы.

В результате расчетного исследования для каждой форсунки определены величины объема гидравлического аккумулятора (для Д49 – 100 см^3, для K6S310DR – 145 см^3), длины и внутреннего диаметра трубопровода, частоты вращения вала топливного насоса.

Полученные расчетные характеристики топливоподачи позволили выявить закономерности, связывающие основные конструктивные и регулировочные параметры форсунки: максимальное перемещение иглы распылителя; эффективное проходное сечение форсунки; сила предварительной затяжки иглы; прецизионный зазор в паре игла-распылитель с изменением давления в аккумуляторе, расходе топлива в дренаж и прошедшего через распыливающие отверстия.

ABB TURBOCHARGING'S VALVE CONTROL MANAGEMENT SYSTEM

Matveev V.V.
Kherson State Maritime Academy (Ukraine)

Tests prove it: the flexibility and efficiency of ABB Turbocharging's Valve Control Management (VCM) has important benefits for marine applications. Gas and dual-fuel engines are the special areas in which VCM has a most promising future.

Two words best describe the technical benefits of ABB Turbocharging's Valve Control Management (VCM): flexibility and efficiency. To be precise, VCM allows engine valve timings to be varied at all engine loads to control engine emissions, while at the same time improving engine response, idling and starting behavior. The result is, above all, a significant fuel saving.

In 2009 ABB Turbocharging took up the challenge of applying this technology to large engines. To achieve this aim, it forged a development partnership with the German company Schaeffler, a proven specialist in the field. Schaeffler's UniAir-System is an electro-hydraulic, variable valve control system developed for smaller internal combustion engines and already running in hundreds of thousands of cars.

Fast load changes enabled

The results of the engine tests that ABB Turbocharging has conducted have been extremely positive. In fact, as ABB Turbocharging VCM project leader Ville Pellinen notes, "In many respects, the results are better than we were expecting." The operating principle of ABB's VCM system distinguishes itself from other, existing solutions, in a number of ways. "We can vary the amount of air reaching the engine any time we like," Pellinen adds. "Each cylinder is able to work differently thanks to the rapid variation in valve timings in every single engine working cycle."

This VCM principle opens up a wide area of potential applications on marine engines – for example in offshore ships or passenger ferries. VCM is of assistance wherever fast load changes are expected of engines on a regular basis. Pellinen continues: "VCM enables engine power to be changed by 50% within fractions of a second. And it provides a tremendous power reserve at lower engine speeds. In the future, many vessels could be fitted with simpler fixed pitch propellers (FPP) instead of controllable pitch propellers (CPP). This would reduce both the first costs and the operating costs associated with the much more expensive and complex CPP alternative."

In addition, ABB Turbocharging's tests show that VCM considerably improves gas and dual-fuel engine combustion. Efficiency increases of 1.5% – corresponding to a 3% lower fuel consumption – have already been demonstrated on engines with VCM (fig. 1).

In combination with ABB Turbocharging's high pressure, high efficiency two-stage-turbocharging Power2, VCM also enables a further increase in engine power and additional operating robustness. Gas and dual-fuel engines with "diesel-like" performance are within reach with very strong, controlled Miller cycle combustion. With its capability to vary valve timing, VCM provides engine builders with a powerful tool for adapting the strength of Miller Cycles across the complete operating load and speed ranges of 4-stroke diesel and gas engines.

VCM achieves stepless variation in valve timing by interposing a high pressure oil chamber into the engine valve train between the valve and its mechanical actuation system (fig. 2). A solenoid valve varies the filling of the chamber with engine lube oil pressurized by a camshaft-actuated pump. This enables both the timing of the opening and closing of the valve to be varied as well as the distance the valve opens (valve lift). The pump also feeds a brake unit to limit forces when the valve contacts its seat.

Complementary. VCM is one of two complementary building blocks ABB Turbocharging is offering to address the current major concerns of engine builders:

– Compliance with the strict limitations on emissions of oxides of nitrogen (NO_x) from engines on land and at sea due to be implemented in the middle of the present decade

– Increasing fuel efficiency in the face of the steady rise in the price of fossil fuels and international agreements governing emissions of the greenhouse gas carbon dioxide (CO_2).

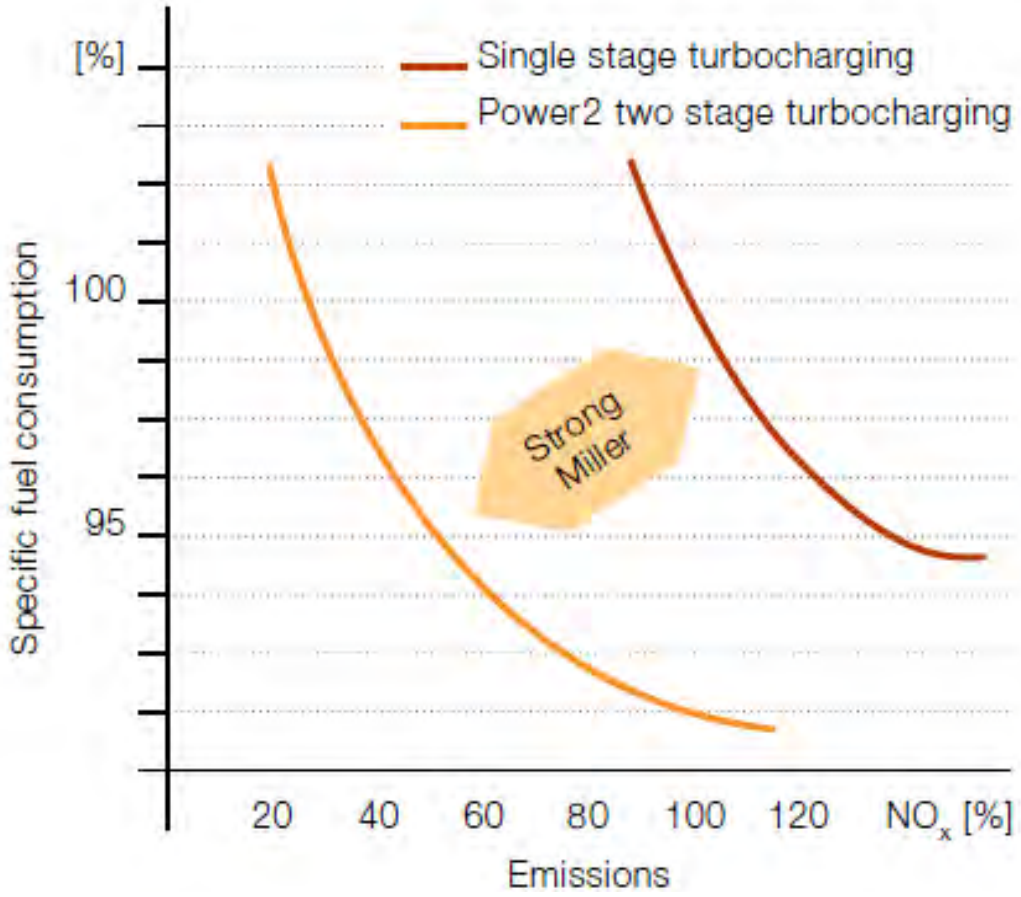


Figure 1. The high pressure, efficiency and flexibility of Power2 and VCM complement each other here.

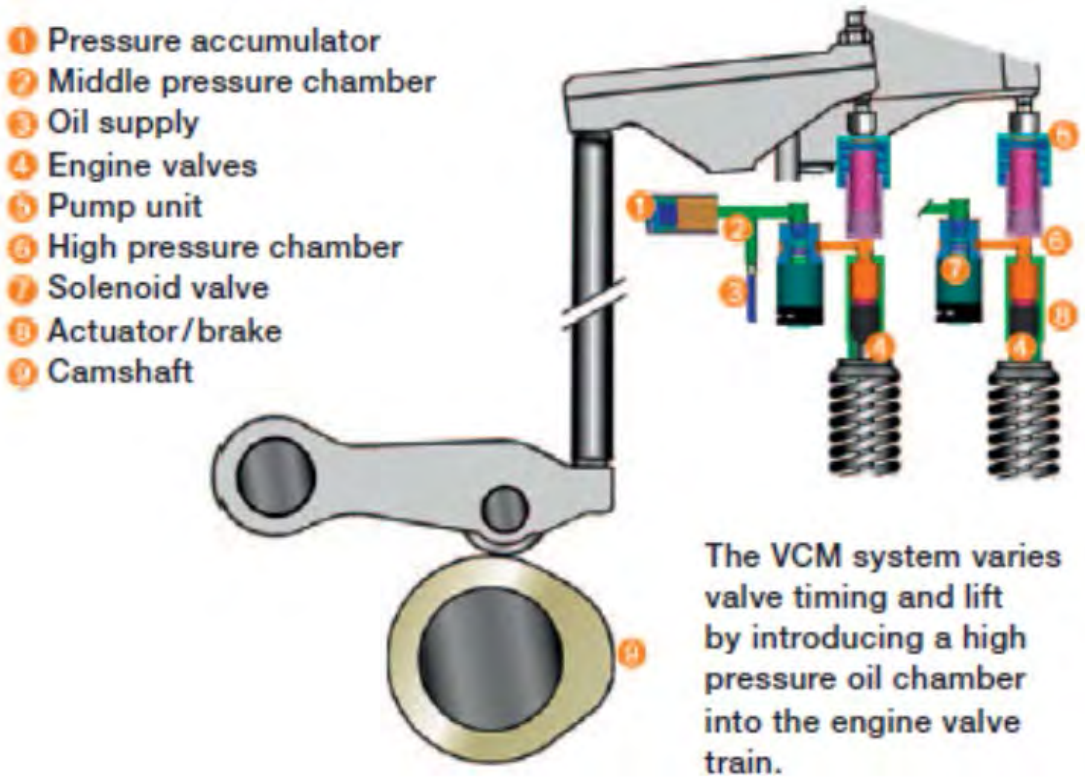


Figure 2. ABB Turbocharging's Valve Control Management (VCM)

НОВА КОНСТРУКЦІЯ ПРУЖНО-ЗАПОБІЖНОЇ МУФТИ З ТОРЦЕВОЮ УСТАНОВКОЮ ПРЯМИХ КАНАТІВ

Проценко В.О., Бідуля М.В., Ковальчук Д.В., Плечій І.А.
Херсонська державна морська академія (Україна)

На сьогодні створено багато конструкцій пружно-запобіжних муфт. Це пояснюється багатьма їх перевагами перед одинарними конструкціями, основною з яких є компактність. Найчастіше ці муфти створюються за рахунок оснащення стандартизованих пружних муфт запобіжними елементами, що руйнуються. Одним із представників таких конструкцій є муфта, показана на рис. 1. Її основою є елементи пружної втулково-пальцевої муфти, що жорстко закріплені у ведучій напівмуфті та взаємодіють із диском, що встановлений з можливістю обертання на веденому валу та сполучений штифтом, що руйнується з веденою напівмуфтою, що жорстко закріплена на веденому валу. Робота цієї муфти зрозуміла з креслення – амортизацію навантажень у ній виконують пружні гумові втулки, а запобіжна функція реалізується за рахунок руйнування штифта при перевантаженнях [1]. Недоліками цієї муфти є низька компенсуюча здатність, вона здатна працювати при радіальній неспіввісності ведучого та веденого валу не більше 0,4…0,6 мм. Іншим недоліком є недостатня демпфуюча здатність, що пояснюється малим об'ємом гуми в якому відбувається розсіяння енергії.

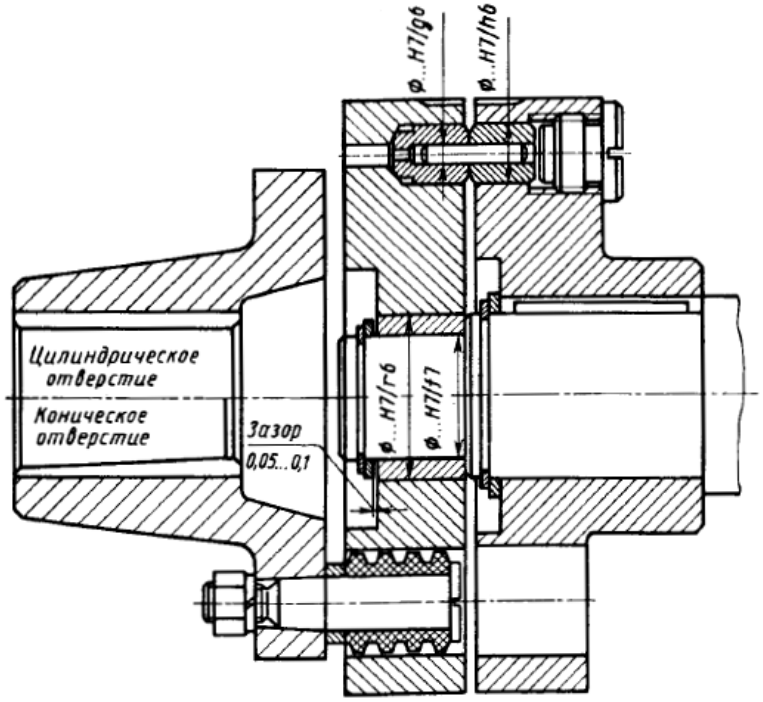


Рисунок 1 – Комбінована пружно-запобіжна муфта

Також для муфти за рис. 1 характерна нетехнологічність виготовлення, через високу складність конструкції напівмуфт, а також висока вартість за рахунок високої вартості пружних елементів та напівмуфт.

Задачею даної роботи є створення пружно-запобіжної муфти, в якій за рахунок конструктивного виконання можливо було б підвищити демпфуючу та компенсуючу здатність, технологічність та ремонтоздатність муфти, а також знизити вартість конструкції.

Конструкція пропонованої муфти представлені на кресленнях.

На рис. 2 та рис. 3 показаний загальний вид муфти. На рис. 2 – розріз А-А рис. 3, на рис. 3 – розріз Б-Б рис.2.

Пружно-запобіжна муфта з торцевою установкою прямих канатів складається з двох напівмуфт ведучої 1 і веденої 2, що сполучені за рахунок пружних елементів, якими є канати 3, кожен з яких закріплений одним кінцем в пальці 4 встановленому у ведучій напівмуфті 1, а іншим кінцем в пальці 5 встановленому у веденій напівмуфті 2. Пальці 4 і 5 пропущені в осьові отвори 6 втулок 7 та отвори 8 фланців ведучої і веденої напівмуфт 1 і 2 та затягнуті гайками 9, що встановлені на їх різьбові кінці 10. Канати пропущені в пази 11 втулок 7 і пази 12 пальців 4 і 5. Гайки пальців 4 встановлені з упором на пружини 13 через шайби 14.

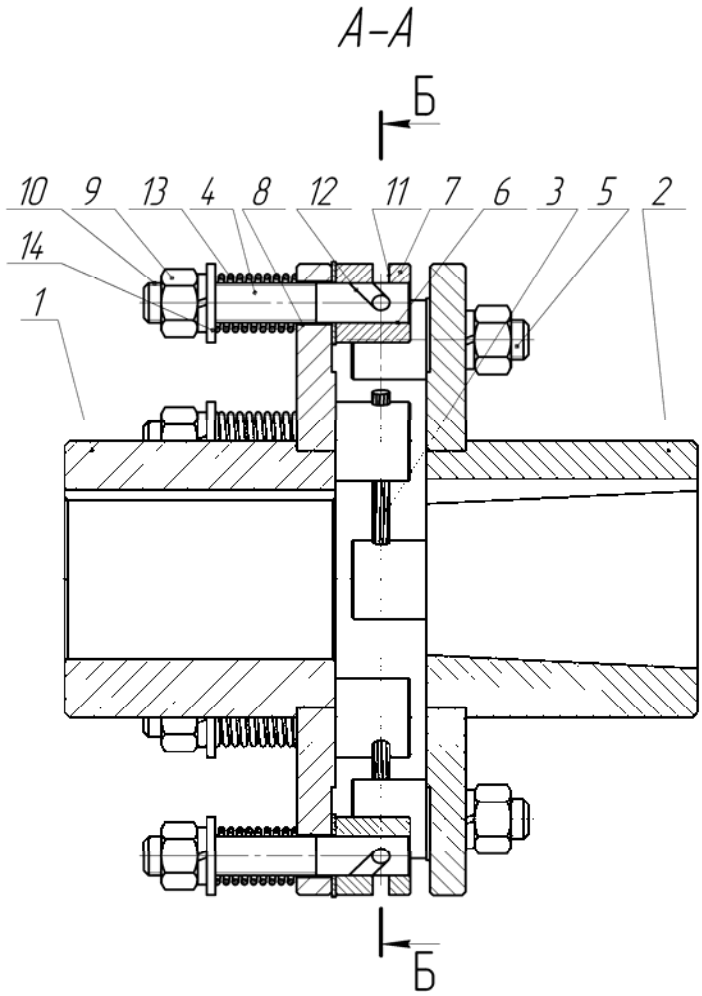


Рисунок 2 – Загальний вид запропонованої конструкції пружно-запобіжної муфти

Пружно-запобіжна муфта з торцевою установкою прямих канатів працює наступним чином. При обертанні ведучої напівмуфти 1, навантаження передається через пальці 5, канати 3 на пальці 7 та сполучену з ними ведену напівмуфту 2 і спричиняє її обертання. При збільшенні моменту опору на веденій напівмуфті 2, пальці 4 ведучої напівмуфти 1 переміщуються в напрямку до веденої напівмуфти 2, стискаючи пружини 13. При цьому канати 3 висмикуються з пазів 11 та 12 і роз'єднують напівмуфти 1 і 2, а відтак кінематичний ланцюг машини де встановлена пропонована муфта, унеможливлюючи її перевантаження та поломку. Пружини викидають пальці 4 за межі фланців напівмуфти 1 і таким чином виключають удар втулок однієї напівмуфти по втулках іншої напівмуфти при спрацюванні муфти.

Застосування в муфті в якості пружних елементів канатів дозволяє знизити вартість муфти, за рахунок низької вартості канатів, а також підвищити демпфуючу та компенсуючу здатність за рахунок тертя дротин канатів у сталках і сталок між собою та високої гнучкості канатів, технологічність виготовлення напівмуфт за рахунок уникнення складних операцій механічної обробки та застосування нетехнологічних пружних

елементів, оскільки виробництво канатів централізовано налагоджене і канатні пружні елементи можуть бути виготовлені з неліквідів канатних заводів та утилізовані після відбракування канатів з вантажопідйомних машин, підвищення технологічності складання та ремонтоздатності муфти, так як пружні елементи можуть бути встановлені та змінені без осьового зсуву напівмуфт.

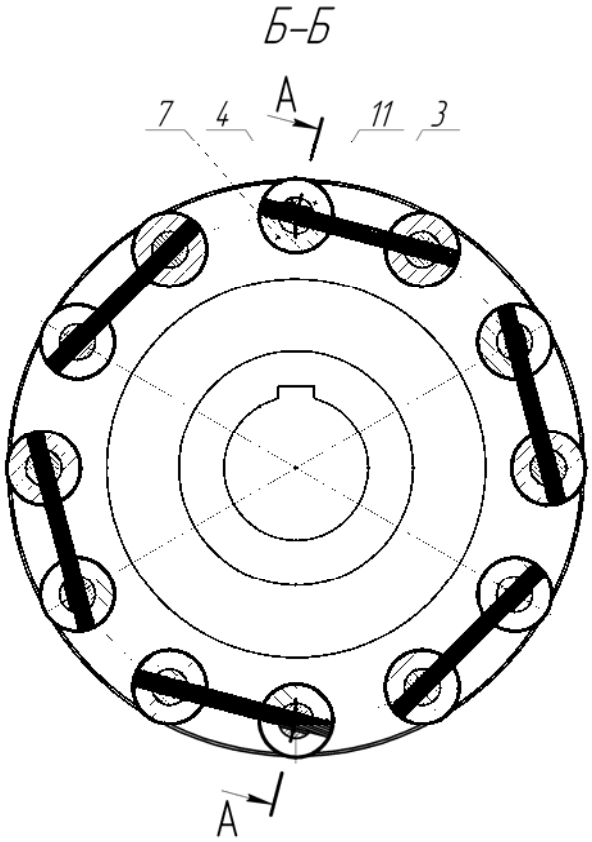


Рисунок 3 – Загальний вид запропонованої конструкції пружно-запобіжної муфти

Підпружинення пальців ведучої напівмуфти дозволяє муфті виконувати запобіжні функції за рахунок можливості висмикування канатів із пазів при перевантаженні муфти та роз'єднання за рахунок цього кінематичного ланцюга, що характеризує запропоновану відцентрову пружну муфту з торцевими канатами, як технічне рішення, що є новим і неочевидним з базового рівня техніки, а його втілення можливе в умовах реального промислового виробництва при незначній зміні базових технологічних процесів. За матеріалами розробки подано заявку на винахід.

Серед напрямків подальших досліджень розробленої муфти слід вказати наступні:

1. Дослідження впливу сили затягування пружини на зусилля висмикування каната;
2. Дослідження впливу зусилля затягування пальців на поперечну деформацію канатів;
3. Дослідження якісних показників спрацьовування муфти – коефіцієнта точності спрацьовування та ін.;
4. Дослідження впливу неспіввісності на якісні показники муфти.

ЛІТЕРАТУРА

1. Атлас конструкций узлов и деталей машин : учеб. пособие для вузов / Байков Б.А., Клыпин А.В., Ганулич И.К. [и др.]; ред. Ряховский О.А. - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2007. - 379 с.

СУДОВЫЕ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРНЫЕ УСТАНОВКИ ПЕРЕМЕННОЙ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ

Рожков С.А., Ищенко И.М.
Херсонская государственная морская академия (Украина)

Основным направлением развития современной судовой энергетики является повышение экономичности и надежности судовых электроэнергетических систем (СЭЭС). Решение данной проблемы осуществляется совершенствованием различных судовых энергетических установок (ГЭУ) для производства электроэнергии, в том числе и более широкое применение валогенераторных установок (ВГУ) и утилизационных турбогенераторов (УТГ) с применением полупроводниковых преобразователей нового поколения.

Использование полупроводниковых преобразователей электроэнергии, выполненных на основе силовых полевых транзисторов (MOSFET), биполярных транзисторов с изолированным затвором (IGBT), запираемых тиристоров с полевым управлением (MCT) позволяет значительно повысить показатели автономных электроэнергетических систем. В том числе и систем с первичными источниками переменного тока переменной частоты. В таких системах электроэнергию переменного тока постоянной частоты получают с помощью преобразователей частоты (полупроводниковых или электромеханических).

Структурная схема системы с полупроводниковым преобразователем частоты представлена на рис. 1.

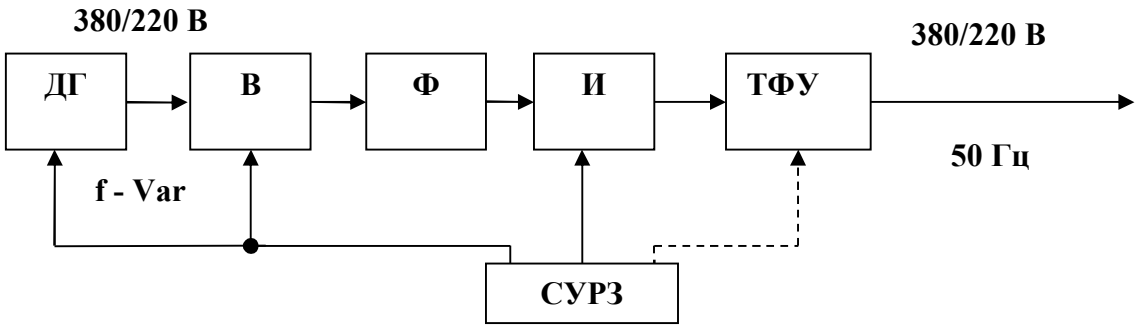


Рисунок 1. Система ДГ переменной частоты вращения с преобразователем частоты

В состав системы входит: ДГ – дизель-генератор переменного тока переменной частоты со стабилизированным напряжением; В – выпрямитель (нерегулируемый или управляемый); Ф – фильтр; И – инвертор; ТФУ – трансформаторно-фильтрующее устройство; СУРЗ – система управления регулирования и защиты.

В системах с дизель-генераторами переменной частоты вращения частота вращения дизеля и, соответственно, генератора может изменяться в диапазоне частот вращения дизеля от минимально устойчивой частоты вращения до максимальной. При этом, мощность дизеля и его потребление топлива зависят как от момента нагрузки на валу дизеля, так и от его частоты вращения. Характеристики дизеля в таком режиме представлены на рисунке 2.

На рис. 2 показаны величины оптимальных мощностей дизеля при различных частотах вращения (I) и удельные расходы топлива при этом. Как видно из приведенных характеристик, каждой частоте вращения и развиваемой мощности соответствует оптимальный удельный расход топлива. Следовательно, при работе ДГ с переменной частотой вращения можно получить оптимальный расход топлива при заданных мощностях на выходе. Для этого необходимо согласование характеристик дизеля с предельными электромагнитными характеристиками генератора.

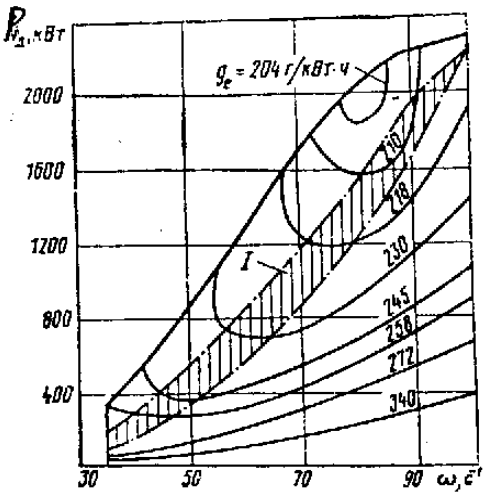


Рисунок 2. Универсальные характеристики дизеля

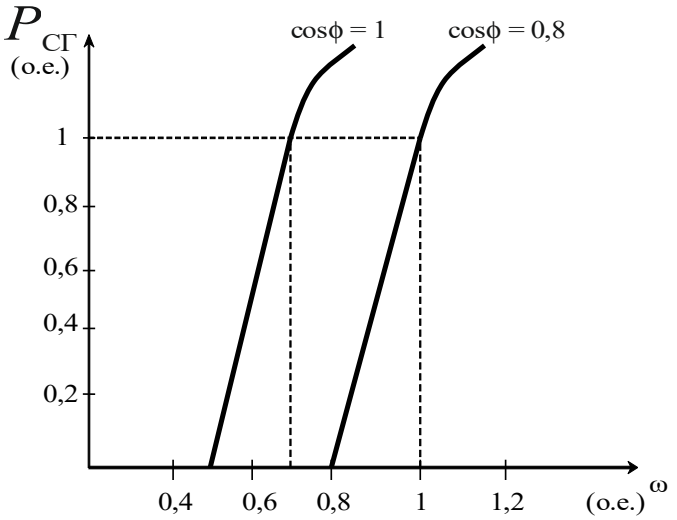


Рис. 3. Характеристики предельной электромагнитной мощности СГ

Под предельными электромагнитными характеристиками генератора понимают зависимость его мощности от частоты вращения при постоянном по величине напряжении.

Для синхронных генераторов в данном режиме необходимо рассматривать две характеристики предельной электромагнитной мощности. Первое – зависимость мощности генератора от частоты вращения при постоянном по величине напряжении и активной нагрузке (cosφ = 1); второе – зависимость мощности генератора от частоты вращения при активно-индуктивной нагрузке при заданном коэффициенте мощности. Для синхронных генераторов с независимым возбуждением данные характеристики снимаются при постоянном по величине токе возбуждения. Пример таких характеристик представлен на рис. 3.

В таком дизель-генераторе система управления и регулирования должна обеспечивать стабилизацию напряжения генератора на всем диапазоне изменения частоты вращения дизеля, а также регулирование момента и мощности дизеля в зависимости от активной мощности генератора. Так как в электромеханических системах длительность электрических переходных процессов обычно на порядок ниже длительности механических процессов, то системы регулирования напряжения генератора и мощности дизеля можно рассматривать раздельно. При этом, систему регулирования напряжения СГ целесообразно выполнить по принципу отклонения, а систему регулирования дизеля – комбинированной: с регулированием по активной мощности генератора и частоте вращения дизеля.

Предварительные исследования дизель-генераторов переменной частоты вращения мощностью порядка 1000 кВт показывают возможность получения экономии топлива до 40…50% при различных режимах работы установки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пахомов Ю.А. Судовые энергетические установки с двигателями внутреннего сгорания : учебник / Ю.А. Пахомов. – М: ТрансЛит, 2007 – 528 с.

2. Григорьев А.В. Современные и перспективные судовые валогенераторные установки / А.В. Григорьев, В.А. Петухов. – СПб.: Изд-во ГМА им. адм. С.О. Макарова. – 2009. – 175 с.

3. Копылов И.П. Электрические машины. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 360 с.

4. Самоявчев И.С. Электростанции автономных объектов на базе дизель-генераторных установок переменной частоты вращения. Дис. канд. техн. наук. Нижний Новгород, 2014.

ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ КОМПЕНСАТОРА НАДДУВУ РЕГУЛЯТОРА ЧАСТОТИ ДИЗЕЛЯ CY4102BZQ

[1]Рубан Д.П., [1]Унрод В.І., [2]Рубан Г.Я.
[1]*Черкаський державний технологічний університет (Україна)*
[2]*Черкаський державний бізнес-коледж (Україна)*

Вступ. На деяких моделях автобусів «Богдан» та вантажних автомобілях Dong Feng встановлюються енергетичні установки із дизелями CY4102BZQ китайського виробництва.

Актуальність дослідження. Зокрема на українському ринку автобуси «Богдан» становлять близько 50 % і відповідно складають вагому частку споживачів дизельного палива та забруднювачів довкілля. Як правило для надійної роботи автобуси підлягають технічному обслуговуванню, поточному ремонту тощо. Від якості проведення яких безпосередньо залежать техніко-експлуатаційні показники. Також особливої уваги заслуговує енергетична установка. При чому необхідно забезпечувати правильну роботу паливної апаратури дизеля, від надійності якої залежать тягово-швидкісні властивості, паливна економічність та екологічні показники. Особливу роль при дозуванні палива відіграє регулятор частоти дизеля. Для контролю параметрів регулятора зазвичай використовують заводські технічні характеристики, які не завжди бувають у наявності.

Постановка задачі. В багатьох випадках для двигунів зарубіжного виробництва технічна документація відсутня. В результаті чого ускладнюється отримання точного налаштування паливної апаратури. На дизелях із наддувом параметрів налаштування ще більше, тому без заводської документації забезпечити оптимальні характеристики дизеля практично не можливо. При цьому важливу роль відіграє компенсатор наддуву, робота якого має ряд особливостей. Тому і постає проблема отримання характеристик паливного насоса високого тиску (ПНВТ) дизеля CY4102BZQ із урахуванням особливостей компенсатора наддуву.

Результати досліджень. Експериментальним шляхом було отримано відсутню в документації схему регулятора (рис. 1).

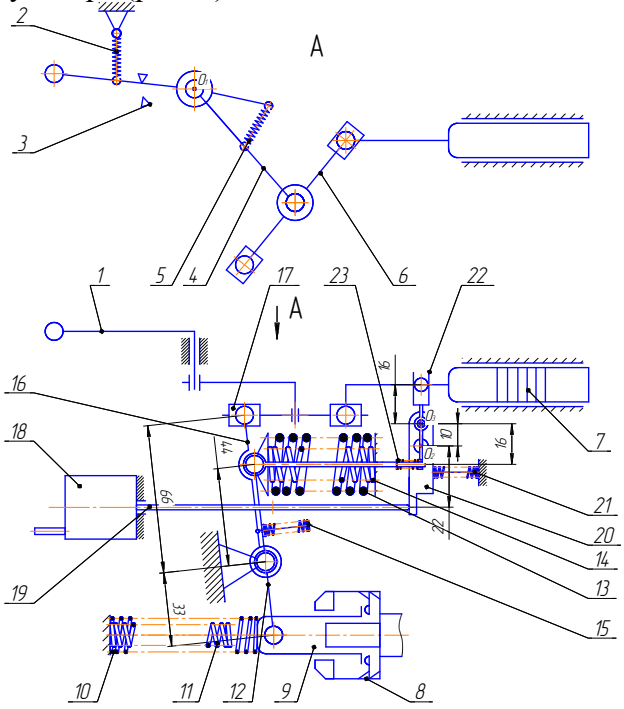


Рисунок 1. Схема регулятора

Взаємодія елементів регулятора відбувається наступним чином. Важіль зміни паливоподачі 1, пересилюючи пружину 2 повертається навколо осі O_1. Важіль 1

повертається в межах упорів 3 і приводить в рух важіль 4, з яким з`єднаний через пружину 5. Важіль 4 змінює положення коромисла 6, яке впливає на переміщення рейки 7. При збільшенні частоти обертання тягарці відцентрового регулятора 8 розходяться і штовхають шток 9. Під дією штока стискаються пружини 10, 11, а також через важіль 12 пружини 13 і 14. З важелем 12 через пружину 15, з`єднаний важіль 16, котрий прикріплений до повзуна 17. Переміщення важеля 16 впливає на положення рейки 7 залежно від частоти обертання. Компенсатор наддуву 18 залежно від тиску на впуску керує штоком 19. Шток 19 через коромисло 20, що обертається навколо осі O_2, та, пересилюючи пружину 21, переміщує важіль 22. Важіль 22 обертається навколо осі O_3 і впливає на переміщення рейки 7 залежно від положення штока 23. Шток 23 прикріплений до важеля 12 і тисне на важіль 22 через пружину 23.

Всережимний регулятор обертів колінчастого валу працює наступним чином. При запуску дизеля і максимальному положенні важеля паливоподачі розтягується тільки пружина 2 і положення рейки відповідає ділянці AB (рис. 2). Після запуску частота обертання колінчастого валу дизеля зростає і муфта 8 стискає пружину 10, що відповідає характеристиці BC. Характеристика ABCDEFGH – без компенсатора наддуву. Характеристика CD забезпечується жорсткістю пружин 10, 11, 13, 14, важелі 16 та 12 нерухомі, при цьому муфта не змінює положення. На ділянці FG, крім пружин ділянки CDEF, вступає в роботу пружина 15, що забезпечує похилу характеристику. Після повного стискання пружини 15 важелі 16 і 12 рухаються, як одне ціле та забезпечують характеристику GH.

Компенсатор наддуву забезпечує характеристику ABKLMNOP. При зростанні тиску на впуску шток 19 компенсатора 18 переміщує важіль 20 і важіль 22 пересилює пружини 21 та 23, які формують характеристику KL. Після повного стиснення пружин 21 та 23 формується характеристика MN.

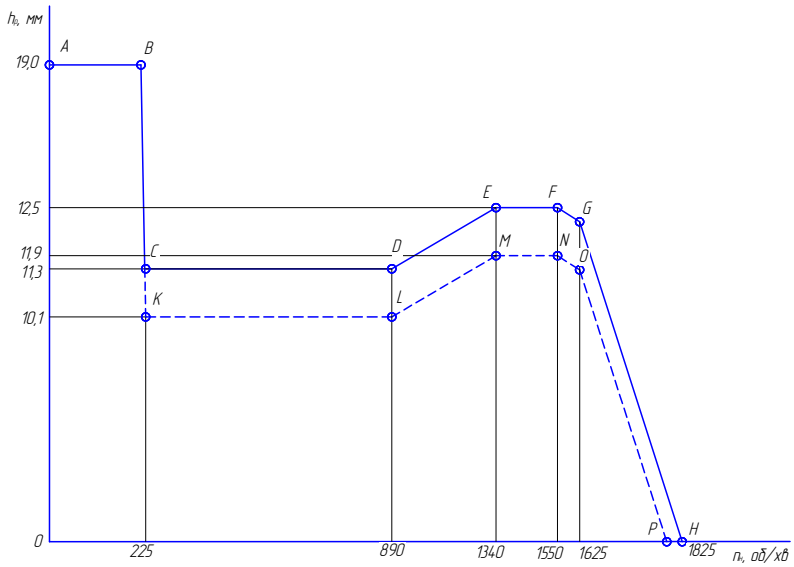


Рисунок 2. Швидкісні характеристики ПНВТ дизеля CY4102BZQ

Висновки. На основі отриманої схеми регулятора частоти дизеля CY4102BZQ та швидкісних характеристик ПНВТ визначено особливості роботи компенсатора наддуву, що є важливим для налаштування параметрів ПНВТ. Інші необхідні характеристики паливоподачі можна отримати за допомогою безмоторних випробувань ПНВТ. Найпростіше буде визначити еталонні характеристики при безмоторних стендових випробуваннях нового, із заводськими регулюваннями ПНВТ. За відсутності еталонного ПНВТ оптимальні характеристики можна отримати в результаті моторних стендових випробувань дизеля.

ОПОЗИТНИЙ ПОРШНЕВИЙ ДВИГУН

Самарін О.Є.
Херсонська державна морська академія (Україна)

Вступ. Поршневий двигун внутрішнього згоряння представляє собою теплову машину, в якій хімічна енергія палива перетворюється в механічну роботу [1].

Під дією тиску газів виникає бічна сила, що притискає поршень до втулки циліндра та обумовлює появу підвищеної сили тертя. З урахування умов роботи циліндро-поршневої групи, відбувається інтенсивне зношування як поршня, так і втулки циліндра, що зменшує строк служби двигуна. Крім того, на подолання підвищеної сили тертя витрачається енергія палива, що зменшує потужність двигуна.

Відомі розробки поршневих двигунів внутрішнього згоряння, які не мають кривошипно-шатунних механізмів [2, 3]. Але вони недосконалі та мають малий строк служби. З урахуванням масового використання поршневих двигунів внутрішнього згоряння проблема зменшення енергоємності роботи двигуна, а також підвищення строку його служби набуває практичної значущості.

Мета та задачі проведення досліджень

Створити такий двотактний опозитний поршневий двигун, у якому сила, що виникає при згорянні палива у циліндрі та діє на поршень, передається через рейкову циліндричну зубчасту передачу на обгінну муфту та приводний вал.

Для досягнення поставленої мети необхідно провести аналіз існуючих конструкцій опозитних двигунів та розрахувати основні кінематичні залежності запропонованого двигуна.

Рішення поставленої задачі

На рис.1 показано запропонований двотактний опозитний поршневий двигун із зазначенням сил та моментів, що діють при робочому ході першого циліндра.

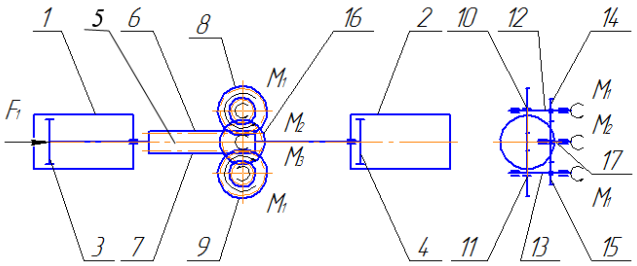


Рисунок 1. Схема двотактного поршневого опозитного двигуна: 1, 2 – циліндри; 3,4 – поршні; 5 - зубчаста рейка; 6, 7 – зубці; 8, 9 – шестерні; 10, 11 - обгінній муфті; 12, 13 - вали; 14, 15 - додаткові шестерні; 16 - центральне зубчасте колесо; 17 - вал

Двотактний опозитний поршневий двигун працює наступним чином.

При згорянні палива в циліндрі 1 виникає сила F_1, що діє на поршень 3 та переміщує його разом із зубчастою рейкою 5 уздовж осі циліндра.

Ряди зубців 6 взаємодіють з шестернею 8 та створюють крутний момент M_1, який обертає обгінну муфту 10, встановлену на робочий хід, разом з валом 12 та шестернею 14, що взаємодіє з центральним зубчастим колесом 16 та обертає його разом з валом 17, створюючи крутний момент M_2.

При цьому центральне зубчасте колесо 16 взаємодіє з шестернею 15 та передає на вал 13 крутний момент M_1. Так як обгінна муфта 11 встановлена на вільний хід, крутний момент M_1 з валу 13 на неї не передається.

Одночасно ряди зубців 7 взаємодіють з шестернею 9 та створюють крутний момент M_3, рівний за значенням, але протилежний за напрямком моменту M_1, який обертає обгінну муфту 11. Так як обгінна муфта 11 працює на вільний хід, крутний момент M_3 вал 13 та шестернею 15 не передається.

При цьому поршень 3 через зубчасту рейку 5 переміщує поршень 4 у крайнє положення, стискаючи чисте повітря.

Після подачі палива у циліндр 2 виникає сила F_1, що діє на поршень 4 та переміщує його разом із зубчастою рейкою 5 уздовж осі циліндра у зворотному по відношенню до першого такту напрямку.

Основна кінематична залежність у рейковій передачі має вигляд [4]:

$$v_p = 0,5 \cdot \omega_1 \cdot m_t \cdot z_1 = \frac{\pi}{60} \cdot m_t \cdot z_1 \cdot n_1, \quad (1)$$

де v_p – швидкість поступального руху рейки 5, мм/с;

ω_1 – кутова швидкість шестерні 8, закріпленій на муфті 10, $с^{-1}$;

m_t – окружний ділильний модуль зубців шестерні 8, мм;

z_1 – кількість зубців шестерні 8, закріпленій на обгінній муфті;

n_1 – частота обертання шестерні 8, $м^{-1}$.

Середня швидкість руху поршня дорівнює:

$$v_{cp} = \frac{S}{t}, \quad (2)$$

де S – хід поршня від верхньої до нижньої мертвої точки, мм;

t – час ходу поршня, с.

З урахуванням того, швидкість зубчастої рейки v_p дорівнює середній швидкість руху поршня v_{cp}, прирівняємо вирази (1) і (2) та отримаємо частоту обертання шестерні 8, закріпленій на обгінній муфті 10:

$$n_1 = \frac{60 \cdot S}{t \cdot \pi \cdot m_t \cdot z_1 \cdot n_1}. \quad (3)$$

Виходячи з кінематики механізму, частота обертання валу 17 буде дорівнювати:

$$n_2 = n_1 \cdot \frac{z_2}{z_3}, \quad (4)$$

де z_2 – кількість зубців шестерні 14, закріпленій на валу 12;

z_3 – кількість зубців центрального зубчастого колеса 16, закріпленого на валу 17.

Підставимо вираз (3) у формулу (4) та отримаємо кінцевий вираз:

$$n_2 = \frac{60 \cdot S \cdot z_2}{t \cdot \pi \cdot m_t \cdot n_1 \cdot z_1 \cdot z_3}. \quad (4)$$

Висновки та рекомендації

Запропоноване технічне рішення дозволить підвищити надійність двотактного опозитного поршневого двигуна завдяки жорсткому виконанню зубців на зубчастій рейці та застосуванню спеціальної обгінної муфти.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кане А.Б. Судовые двигатели внутреннего сгорания: - Л.: Судостроение, 1982. - 288 с.

2. Urkunde über die Eintragung des Gebrauchsmusters "Zweitakt-Boxermotor ohne Kurbeltrieb", Nr.20304487.8, IPC F02B 75/32.

3. Urkundeüber die Eintragung des Gebrauchsmusters "Verbrennungsmotor", Nr.202005004680.9, IPC F02B 15/00.

4. Гинзбург Е.Г., Голованов Н.Ф., Фирун Н.Б., Халебский Н.Т. Зубчатые передачи: Справочник. – Л: Машиностроение, 1980. – 416 с.

РЕКУПЕРАЦІЯ ЕНЕРГІЇ ВИХЛОПНИХ ГАЗІВ ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

[1]Сєліверстова С.Р., [2]Бойко Л.М.
[1]*Херсонська морська державна академія (Україна)*
[2]*Національний університет кораблебудування імені адмірала. Макарова (Україна)*

Вступ. Термоелектрика є перспективним науково-технічним напрямком, який заснований на використанні прямого, безмашинного перетворення теплової енергії в електричну. Найбільш перспективним застосуванням термоелектрики є рекуперація теплових втрат, зокрема автомобільного транспорту й інших відходів для повторного їх застосування (перетворення в електричну енергію) з метою економії палива та зменшення викидів парникових газів [1]. Тому *метою роботи* є розробка термоелектричного генератора (ТЕГ), який здійснює ефективну переробку надлишкової енергії, що викидається у повітря.

Розрахунок термоелектричного генератора. Прототипом секційного термоелектрогенератора можуть служити термоелектричні генератори, що вже існують. Прикладом є ТЕГ на основі енергії відпрацьованих газів корпорації Hi-Z [2].

Модель, що пропонується, враховує наступне: по-перше, малі габарити трубопроводів і близькість їхнього розташування обмежують площу теплопередачі; по-друге, при розробці ТЕГ неможна погіршити динамічний рух вихлопного газу; по-третє, при зупинці двигуна вихлопна система нагрівається до високої температури.

Радіатор розраховується окремо на максимальну потужність ТЕМ. Він повинен при цьому забезпечити температуру не вище 50°С (рекомендується для модуля за паспортними даними) охолоджуваної поверхні ТЕМ.

Для розрахунку основних параметрів секції ТЕГ запропонована спрощена фізична модель, наведена на рисунку 1. Вона складається із джерела тепла – відпрацьованого газу, термоелектричного модуля, гарячого і холодного радіаторів для відводу тепла шляхом примусової продувки повітрям.

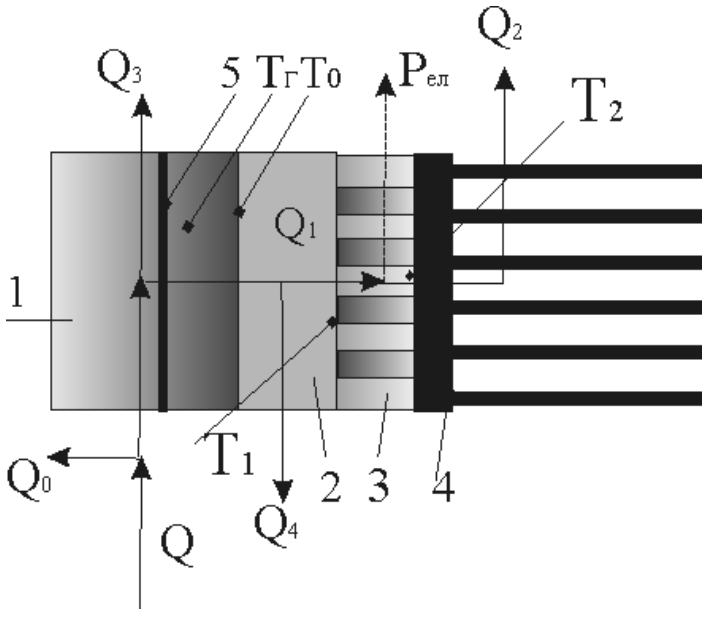


Рисунок 1. Фізична модель термогенератора: *1* – джерело тепла; *2* – гарячий теплообмінник (радіатор); *3* – термоелектрична модуль; *4* – холодний теплообмінник (радіатор); 5 - полий тонкий циліндр.

Секція термоелектричного генератора встановлюється на одному із трубопроводів колектора. Рух вихлопних газів відбувається при виштовхуванні їх із циліндра. При цьому заповнюється трубопровід на об'єм циліндра з урахуванням зменшення тиску. Вихлопний газ що залишився, перебуває у трубопроводі до чергового вприскування газів. З деяким наближенням можна прийняти процес стаціонарним. При цьому, енергія остигання газу практично, за мінусом втрат на витоки енергії через ізоляцію, іде через стінки теплообмінника. ККД такого процесу буде дорівнювати:

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}, \qquad (1)$$

де T_1 – температура газу, що вийшов із циліндра; T_2 – температура газу, що вийшов із секції термоелектричного генератора. Для проведення комп'ютерного розрахунку використана прикладна програма Mathematica 8.0.1 [3].

Вихідними даними для розрахунку є: діаметр труби D = 12 см, вхідна температура газу 800 °С, товщина стінки труби d. За проведеними розрахунками найбільш інтенсивна віддача енергії відбувається при площі контакту з газом до 0,1 м^2. А це буде забезпечено при довжині: $L = S/\Pi \approx 20$ см. Потужність відводу теплової енергії від газу в кожному із чотирьох трубопроводів, складе $Q_4 \approx 700$ Вт, а вихідна температура газу – $T_к \approx 650$ °С. Тоді сумарна енергія може скласти $Q_4 \approx 700$ Вт·4 = 2,8 кВт. Із цього витікає, що необхідно ділити генератор на секції по 20 см. Трубу між секціями необхідно розділити і секції теплоізолювати одну від одної.

Варто звернути увагу на те, що каталізатор має робочу температуру, рівну 500 °С. Друга секція буде мати вхідну температуру газу рівну вихідний від першої секції. Тому установку другої секції потрібно проводити після каталізатора. З урахуванням ефективності обраних термоелектричних модулів АЛТЕК 1024 при температурі гарячої стінки 650°С (рис. 4), $\eta_{ТЕМ}$= 10% потужність енергії, яка буде вироблятися перетворювачем може скласти $P = \eta_{ТЕМ} \cdot Q_4 = 10\% \cdot 2{,}8кВт = 280Вт$. Це потребує встановлення вказаних модулів у кількості 8 шт. Відповідна напруга при послідовному з'єднанні модулів і робочому струмі I=15А складе: $U_{вих} = U_{мод} \cdot 8 = 2{,}2 \cdot 8 = 17{,}6$ В.

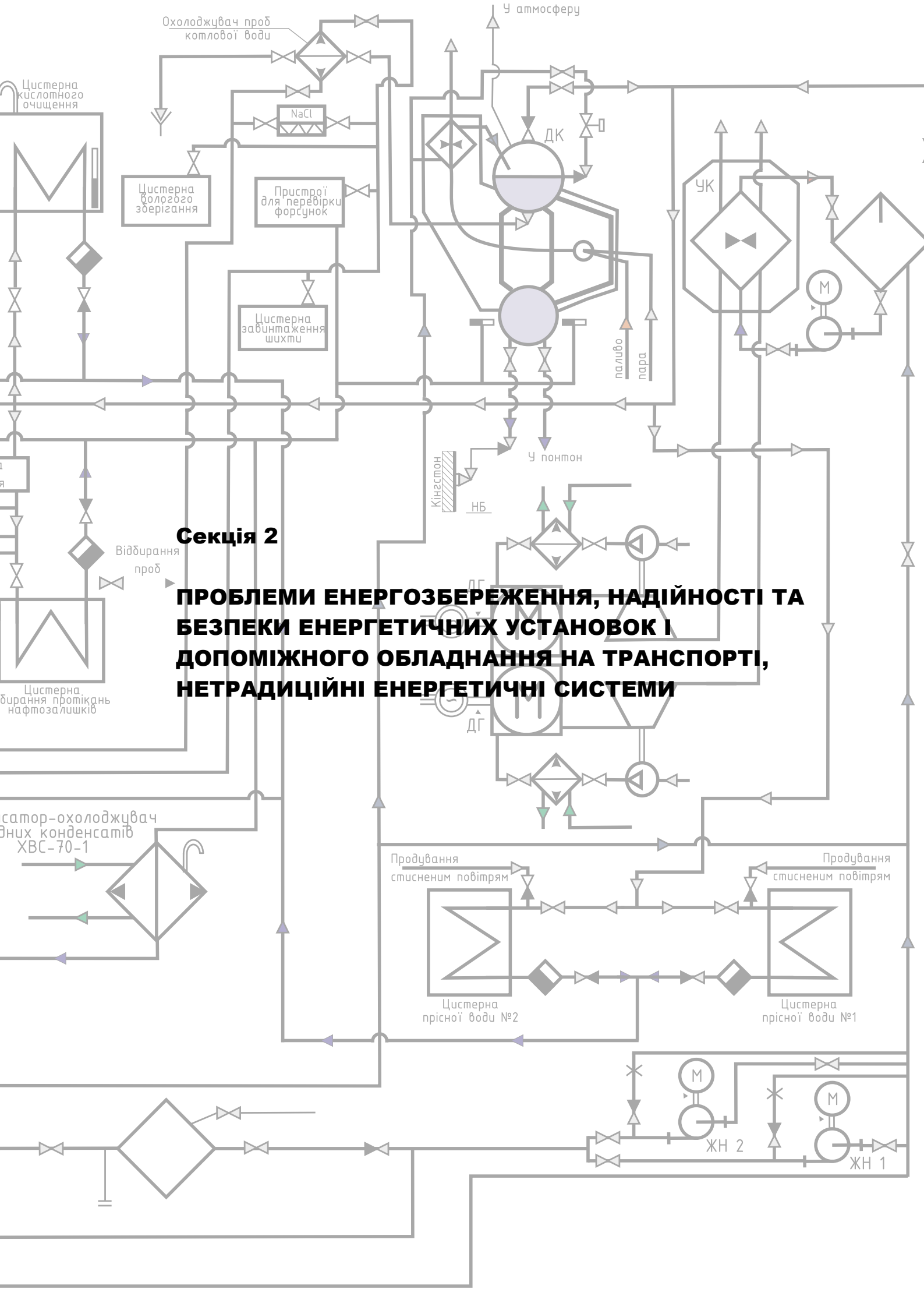
Висновки. Розроблено термоелектричний пристрій для перетворення теплової енергії вихлопних газів двигуна внутрішнього згоряння об'ємом циліндрів більш 1,5 л потужністю до 300 Вт з метою заміни електромеханічного генератора. Здійснено відповідний тепловий та електричний розрахунки. Рекуперація цієї енергії до механічного руху автомобіля можлива, при умові встановлення допоміжного електричного двигуна замість електромеханічного генератора. Практичною значимістю отриманих результатів є створення термоелектричного генератора, що встановлюється на вихлопну трубу транспортного засобу, спрощує його обслуговування і зменшує витрату палива.

ЛІТЕРАТУРА

1. Городов Р.В. Губин В.Е., Матвеев В.Е. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии,– Томск: Из-во Томского политехнического университета, 2009 – 294с.

2. Fedorov M.I., Engalychev A.E., Zaitsev V.K., Kaliazin A.E., Solomkin F.Yu.: Proc. of the XIII International Conference on Thermoelectric Energy Conversion.USA, Kansas.City, 1994. P. 324-327.

3. П.Шостаковский. Разработка термоэлектрических систем охлаждения и термостатированимя с помощью компьютерной программы KRYOTHERM: Компоненты и технологии, № 9, 2010, С.113-120.



Секція 2

ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, НАДІЙНОСТІ ТА БЕЗПЕКИ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК І ДОПОМІЖНОГО ОБЛАДНАННЯ НА ТРАНСПОРТІ, НЕТРАДИЦІЙНІ ЕНЕРГЕТИЧНІ СИСТЕМИ

РОЗРАХУНКИ КІЛЬКОСТІ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН ПРИ СПАЛЮВАННІ ВОДОПАЛИВНИХ ЕМУЛЬСІЙ В КОТЛІ

Акімов О.В.
Херсонська державна морська академія (Україна)

Використання воднопаливних емульсій у суднових котлах не тільки дозволяє отримати економію палива, але є одним із способів зниження концентрації шкідливих речовин у газах на виході з газоходу. При використанні у якості палива воднопаливних емульсій актуальним є питання розрахунків кількості забруднюючих речовин, які утворюються на виході з суднових котлів.

До основних показників процесу повного горіння при коефіцієнтах надлишку повітря вищих за стехіометричного ($\alpha > 1$) відносяться теоретична (стехіометрична) та дійсна витрата окисника, теоретична і дійсна витрата та склад продуктів згоряння, коефіцієнти витрати окисника. Витрата окисника і вхід продуктів згоряння на 1 кг рідкого палива визначається в кубічних метрах при нормальних умовах (273 К; 0,1 МПа). В якості окисника в процесах горіння використовується атмосферне повітря, або повітря збагачене киснем.

При коефіцієнтах витрати окисника більших або рівних одиниці та при таких температурах процесу, коли вплив дисоціації можна нехтувати, достатньо використовувати рівняння матеріальних балансів. Інтегрально реакція горіння деякої умовної молекули вуглеводневого палива $CH_nS_mN_pO_k$ з мінімально необхідною кількістю окисника має вигляд:

$$CH_nS_mN_pO_k + \left(1 + \frac{n}{4} + m - \frac{k}{2}\right) O_2 = CO_2 + \frac{n}{2} H_2O + mSO_2 + \frac{p}{2} N_2 .$$

При повному згорянні будь-якого енергетичного палива з основних горючих хімічних елементів палива – C, H, S, O – утворюються головним чином CO_2, H_2O, SO_2.

Азот при горінні переходить у вільний стан N_2 або N_2O, NO, NO_2 та ін., які у сукупності прийнято позначати NO_x. Оксиди азоту високотоксичні, тому їх викиди в атмосферу суворо контролюються і лімітуються. Кількість оксидів азоту NO_x, що утворюється, безпосередньо залежить від вмісту азоту у паливі, від температури факела та концентрації в ньому надлишкового кисню.

Сірка палива при горінні переходить, в основному, у сірчистий ангідрид SO_2, який також є високотоксичним продуктом. Крім SO_2, при окисненні сірки палива утворюється в невеликій кількості сірчаний ангідрид SO_3, наявність якого у димових газах суттєво підвищує їх корозійну агресивність.

При незадовільній організації топкових процесів в димових газах можуть бути присутні домішки горючих газів – CO, H_2, CH_4, H_2S, які також корозійноагресивні та токсичні.

При спалюванні рідкого палива з його мінеральної частини утворюються твердий осад – зола (порошкоподібний осад) та шлак (кусковий осад).

Наведемо основні розрахункові формули, які отримані на підставі матеріальних балансів процесів повного згоряння (окислення) елементів, які входять у склад палива:

– теоретична витрата кисню, м^3/кг:

$$V_{O_2} = 1,866 \cdot \frac{C^r}{100} + 0,7 \cdot \frac{S^r}{100} + 5,55 \cdot \frac{H^r}{100} - \frac{O^p}{100 \cdot \rho_{O_2}};$$

– теоретична витрата повітря:

$$V^0 = \frac{V^0_{O_2}}{0,21} = 0,0889 \cdot C^r + 0,375 \cdot S^r + 0,265 \cdot H^r - 0,0431 \cdot O^p \ \text{(м}^3\text{/кг)};$$

– теоретична маса повітря:

$$L^0 = 0,115 \cdot \left(C^r + 0,375 \cdot S^r \right) + 0,342 \cdot H^r - 0,0431 \cdot O^p \ \text{(кг/кг)};$$

– теоретичний вихід компонентів продуктів згоряння, м^3/кг:

$$V^0_{CO_2} = 1,866 \cdot C^r / 100;$$

$$V^0_{SO_2} = 0,7 \cdot C^r / 100;$$

$$V_{RO_2} = 0,0187 \cdot \left(C^r + 0,375 \cdot S^r \right);$$

$$V_{N_2} = 0,79 \cdot V^0 + 0,8 \cdot N^r / 100;$$

$$V^0_{H_2O} = 0,111 \cdot H^r + 0,0124 \cdot W^r + 0,0161 \cdot V^0;$$

– дійсний вихід компонентів продуктів згоряння:

$$V_Г = V^0_Г + 0,0161 \cdot (\alpha - 1) \cdot V^0;$$

$$V_{C.Г} = V_{RO_2} + V^0_{N_2} + (\alpha - 1) \cdot V^0;$$

$$G_Г = 1 - \left(A^r / 100 \right) + 1,306 \cdot \alpha \cdot V^0;$$

$$V_{RO_2} = V^0_{H_2O} + 0,0161 \cdot (\alpha - 1) \cdot V^0.$$

У наведених вище формулах C^r, H^r, S^r, O^r, N^r, W^r, A^r – вміст у продуктах згоряння палива вуглецю, водню, сірки, кисню, азоту, води та золи відповідно; α – коефіцієнт надлишку повітря; ρ_{O_2} – густина кисню, кг/м^3.

Розрахунки продуктів згоряння виконаємо для воднопаливної емульсії при вмісті води 2, 10, 15, 17, 20, 30, 35, 40, 45 та 50 %.

У табл. 1 наведено об'єми забруднюючих речовин, що утворюються при спалюванні 1 кг воднопаливної емульсії, нм^3/кг.

Таблиця 1. Об'єми забруднюючих сполук, що виділяються при спалюванні 1 кг воднопаливної емульсії, нм^3/кг

Об'єм забруднюючої сполуки	Вміст води у воднопаливній емульсії W^r_{enul}, %									
	2	10	15	17	20	30	35	40	45	50
V_{CO_2}	1,692	1,483	1,415	1,389	1,294	1,106	1,012	0,954	0,832	0,706
V_{SO_2}	0,0293	0,0217	0,0201	0,0192	0,0169	0,0143	0,0129	0,0108	0,0087	0,0054
V_{NO_x}	7,973	7,432	6,953	6,536	6,104	1,301	1,287	4,847	4,601	4,104

З табл. 2 видно у скільки разів зменшуються об'єми викидів забруднюючих речовин від спалювання певної воднопаливної емульсії у відношенні до неемульгованого палива.

Таблиця 2. Кількість забруднюючох сполук, що утворюються при спалюванні воднопаливної емульсії

Назва забруднюючої сполуки	Вміст води у воднопаливній емульсії W^r_{enul}, %									
	2	10	15	17	20	30	35	40	45	50
CO_2	1,041	1,078	1,158	1,215	1,389	1,487	1,518	1,604	1,737	1,901
SO_2	1,053	1,164	1,236	1,354	1,456	1,541	1,765	2,012	2,489	3,745
NO_x	1,034	1,066	1,087	1,147	1,263	1,308	1,487	1,629	1,743	1,956

РАБОТА КОМПЛЕКСА РЕГАЗИФИКАЦИИ СПГ С ГЕНЕРИРОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В УСЛОВИЯХ СНИЖЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ LNG-ТЕРМИНАЛА

Гоцуляк М.А., Нагорный А.В.
Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова (Украина)

Комплекс регазификации (КР) представляет собой технологическую цепочку процесса регазификации сжиженного природного газа (СПГ) с использованием энергетического оборудования. Преобразование 1000 м^3 газа из жидкого состояния от температуры минус 163 °С в газообразное до температуры выше 0 °С требует подвода более 900 кДж тепла, что составляет 3% от объема регазифицируемого топлива. Минимизации энергетических затрат на работу LNG-терминала способствуют использование природных ресурсов (воздух, морскую воду) в качестве источника тепла, генерирование электроэнергии за счет избыточного давления газа для покрытия собственных, утилизация энергии холода СПГ.

В рассматриваемом варианте LNG-терминала производительностью 5 млрд. м^3 в год комплексом регазификации вырабатывается электроэнергия за счет работы турбодетандера (ТД), утилизирующего избыточное давление газа. В качестве источника тепла и теплоносителя используется морская вода, за счет своих теплофизических свойств и среднегодовой температуре 11 °С. Так как характер потребления природного газа на протяжении года может колебаться в пределах 30…120% номинальной производительности, то регулирование производительности КР принято производить путем плавного изменения пропускной способности одной или одновременно двух веток регазификации. Это позволяет обеспечить ряд требований по температурам и давлениям теплоносителя при регулировании нагрузок теплообменных аппаратов (ребойлера, перегревателя, нагревателя) с учетом изменения среднемесячной температуры морской воды. Схема размещения оборудования комплекса регазификации представлена на рис. 1.

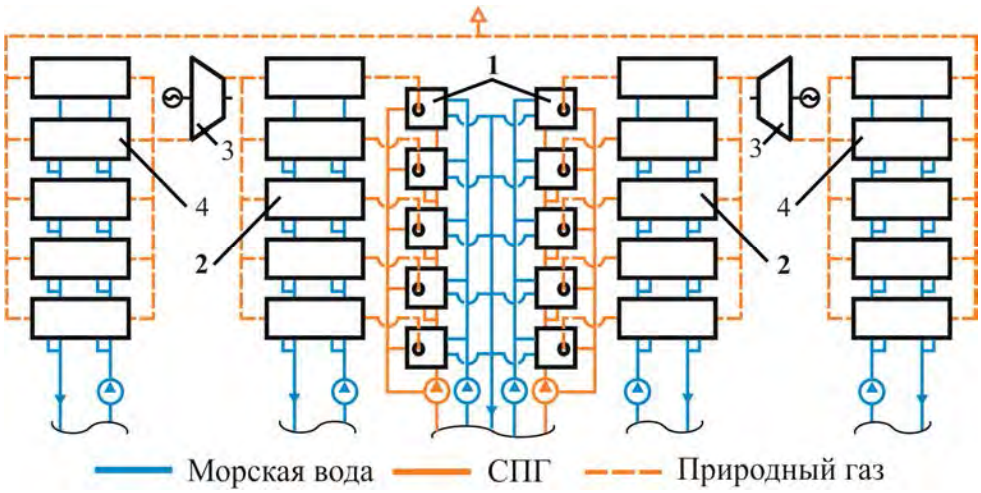


Рисунок 1. Схема размещения оборудования комплекса регазификации:
1 – испаритель; 2 – перегреватель; 3 – турбодетандер; 4 – нагреватель.

Проведен сравнительный анализ параметров работы двухступенчатого турбодетандера осевого типа с постоянной частотой вращения ротора ТД спроектированного на 100% и на 50% расхода газа для определения рациональной схемы регулирования производительности терминала при снижении до 30% потребляемого газа. Для учета особенностей работы ТД при переменном расходе газа в широком диапазоне возможных режимов разработан расчетный комплекс построения характеристик ТД как многоступенчатой турбины. Так как при работе многоступенчатой турбины на переменных режимах изменяется соотношение перепада давления газа по ступеням и

условия работы каждой ступени, то для каждой ступени получены универсальные характеристики (расходная характеристика и характеристика эффективности) в виде зависимостей приведенного расхода от степени расширения. Разработана и реализована программа-алгоритм совместной интерполяции характеристик многоступенчатой турбины по заданным значениям частоты вращения и давления для нахождения приведенного расхода. Определение значения приведенного расхода газа через двухступенчатый ТД обеспечивается численным методом половинного деления на основе интерполяции характеристик ступеней ТД при изменении степени расширения.

На рис.3 приведены результаты расчетов работы ТД в условиях снижения расхода газа до 30% при изменении производительности одной или одновременно двух веток регазификации. Следует отметить, что для получения максимального количества электроэнергии при работе КР в диапазоне 70…100 % номинального выполнено неравномерное регулирование веток. Так, согласно расчётам, рациональны следующие соотношения относительного расхода по веткам регазификации: 60/40; 60/30; 50/30; 45/25.

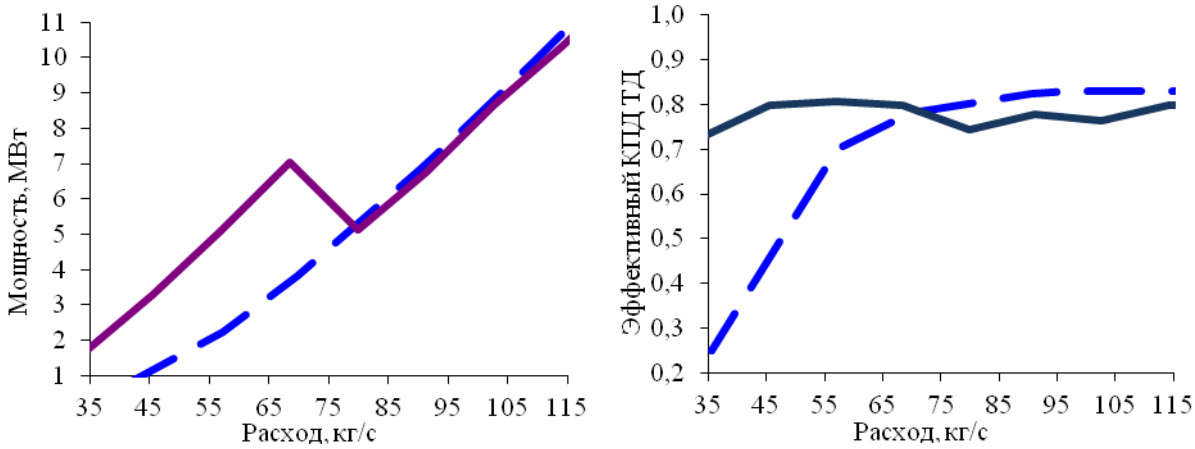


Рисунок 2. Изменение мощности выработанной электроэнергии и эффективного КПД ТД при изменении расхода природного газа при температуре морской воды 11 ºС. Пунктирные линии – КР с одним ТД, сплошные – КР с двумя детандер-генераторами.

Выводы. Работа двух одинаковых ТД в составе параллельных веток регазификации при уменьшении расхода газа до 30…70% номинального позволяет генерировать в два раза больше электроэнергии, но нерационально при работе свыше 70% нагрузки терминала с учетом изменения среднемесячных температур на протяжении года. Следовательно, для достижения максимальной количества электроэнергии при переменном характере потребления газа 30…70% эффективно использовать два параллельно работающих ТД различного типоразмера: один спроектированный на 100% расхода газа, а второй – на 50%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Романовський Г.Ф. Теория и расчет паровых и газовых турбин [Текст]: учеб. пособие / Г.Ф. Романовский, А.Я. Ипатенко, В.Н. Патлайчук – Миколаїв: УДМТУ, 2000. – 292 с.

2. Загорученко В.А. Теплофизические свойства газообразного и жидкого метана [Текст]/ В.А. Загорученко, А.М. Журавлев. – М.: Издательство комитета стандартов, мер и измерительных приборов, 1969. – 236 с.

3. Минчев, Д. С. Экстраполяция экспериментальных характеристик радиальных центростремительных турбин турбокомпрессоров двигателей внутреннего сгорания [Текст] / Д. С. Минчев, Ю. Л. Мошенцев, А. В. Нагорный // Авиационно-космическая техника и технология: сб. науч. тр.: Нац. аэрокосмич. ун-та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». – №10 (87). – Х., 2011. – С. 173-177.

ОСОБЕННОСТИ МОНИТОРИНГА, ДИАГНОСТИРОВАНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ В УСЛОВИЯХ ITS

Грицук И.В.
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет (Украина)

Введение. Дистанционный мониторинг, диагностирование и прогнозирование параметров технического состояния транспортных средств (ТС) в процессе эксплуатации в условиях интеллектуальных транспортных систем (*ITS)* является важной научно-практической задачей, а полученные параметры используются, как в бортовых системах автомобиля, которые оказывают водителю помощь в управлении, так и в работе технических служб транспорта при определении технического состояния ТС.

Актуальность исследований. На протяжении ряда лет ведутся работы по созданию программного обеспечения (ПО), которое будет способно объединить в своих функциях бортовой интеллектуальный программно-диагностический комплекс (БИПДК), рабочее место диагноста (механика) при выполнении мониторинга, диагностирования и прогнозирования (МДП) состояния транспортного средства (ТС) в условиях эксплуатации, которое может легко быть адаптировано для работы с виртуальным предприятием в информационных условиях *ITS***.** Комплексное решение вполне возможно осуществить в условиях виртуального предприятия «ХНАДУ-ТЕСА», при условии разработки специализированного ПО, которое способно осуществить поставленные задачи МДП в условиях эксплуатации.

Постановка задачи – проведение мониторинга, диагностирования и прогнозирования параметров состояния ТС в практических условиях эксплуатации с использованием разработанного программного обеспечения и возможностей ***ITS.***

Результаты исследований. При создании интеллектуальной системы (ИС) МДП с целью адаптации ее к условиям виртуального предприятия, работающего в условиях *ITS,* были выделены основные проблемы, которые относятся к подбору и разработке аппаратного, программного и математического обеспечения. Согласно требованиям, к ПО и к информационной системе, ИС реализует решение следующих задач: сбор данных с ДВС и ТС; хранение данных в файле базы данных; построение функциональных зависимостей во времени; построения прогноза технического состояния ДВС и ТС по определенным параметрам.

Информационное обеспечение системы МДП технического состояния ТС в условиях *ITS* состоит из двух основных частей и имеет адресную направленность, а именно программного обеспечения общего назначения и специального программного обеспечения, которое представляет собой программный код, выполняющий сбор, хранение и обработку информации с двигателя и ТС. Программная направленность ПО относится к БИПДК, к рабочему месту внутренней сети и (или) серверу виртуального предприятия при их совместном использовании. Разработана структура информационного обеспечения системы МДП технического состояния ТС в условиях *ITS*. Требования, предъявляемые к аппаратному обеспечению БИПДК, определяются набором измеряемых параметров ТС, количественными и качественными характеристиками управляющих или возмущающих воздействий и другими параметрами. Такое аппаратное обеспечение, работающее с блоком (блоками) управления двигателя и ТС, называется преобразующим. Характеристики преобразующей части определяют аппаратное обеспечение, обеспечивающее работу специализированного ПО. Вопрос с выбором преобразующей части является определяющим и должен рассматриваться с точки зрения технических показателей, экономических возможностей и целесообразности их применения в ТС.

В целом, для формирования ПО при исследовании рабочих процессов ТС,

выделяют такие компоненты его структуры, как проведение испытаний, обработка результатов, анализ испытаний, сохранение и выборка результатов. Для ТС ПО преобразующего устройства обеспечивается возможностями блока управления самого ТС и осуществляет передачу информации при помощи *OBD*-сканера о параметрах ДВС и ТС через *GPS, a-GPS, ГЛОНАСС, SBAS, GPRS, Internet* или локальную сеть в информационную систему непосредственно на рабочее место диагноста (механика).

Для использования *настольных* платформ на основе *Windows* можно использовать программы: *EasyOBDII; OBD Scan Tech; OBDAutoDoctor; Forscan;* Х*обдрайв.Рф,* а на основе настольных платформ *Linux – OBDAutoDoctor*. Для использования *мобильных* платформ: на основе *WinCE* и *Windows Mobile* можно использовать хобдрайв. рф; на основе *Symbian - OBDAutoDoctor*; на основе *Maemo - OBDAutoDocto*r; на основе Android можно использовать: *eZWay, Torque lite, DashCommand,* а на основе *iPhone* можно использовать *DashCommand*.

Для осуществления мониторинга технических параметров ТС с помощью информационных программных комплексов (ИПК) в составе виртуального предприятия в процессе эксплуатации ТС используются различные программные средства. Перед началом мониторинга нужно в ТС присоединить к разъему *ODB2* через *Bluetooth*-адаптер смартфон или планшет (ноутбук) с установленным мобильным приложением. Это позволит адаптировать мобильные устройства в полноценные бортовые компьютеры.

Для осуществления обработки полученных данных МДП технического состояния ТС в разработанной ИС используется рабочее место информационной сети (может также использоваться *Web*-сервер виртуального предприятия). Обработка результатов полученных измерений параметров ТС связана непосредственно с математическим обеспечением и определяется уровнем применяемого математического аппарата. Далее результаты испытаний подвергаются анализу, и выдается отчет в виде соответствующего протокола. Таким образом, реализация ПО для МДП достаточно специфична и привязана к конкретному аппаратному обеспечению, поэтому, очевидным является выделение его в отдельные модули. Таких модулей может быть несколько, в зависимости от назначения, особенностей решаемых задач и измерительного оборудования. Однако все модули определенного типа должны поддерживать одинаковый интерфейс взаимодействия с другими модулями. В рамках описанного ПО, БИПДК и виртуального предприятия информационное обеспечение системы МДП технического состояния ДВС и ТС в условиях *ITS* может иметь соответствующую структуру модели.

При формировании структуры ИПК прогнозирования технического состояния транспортного средства в условиях *ITS*, для проведения формализации основных процессов воспользовались методологией проектирования SADT. В соответствии с разработанной моделью, исходными данными для проведения МДП состояния двигателя и ТС является информация, полученная через *GPS, a-GPS, ГЛОНАСС, SBAS, GPRS, Internet* или локальную сеть непосредственно с ТС через *Web*-сервер виртуального предприятия в информационный программный комплекс (ИПК) «*MonDiaFor* (*monitoring, diagnosis, forecasting technical condition of the vehicle under ITS*) «*HADI*-15». Выбор режима проведения исследования предполагает задание всех параметров и характеристик испытания, а также получение собственно данных измерения одним из способов: либо непосредственное измерение, либо импорт данных уже проведенных испытаний, либо совместно. Использование стандартных форматов хранения данных при разработке описанного программного обеспечения позволяет использовать его в составе любой ИПК.

Выводы. Проведенные исследования показали возможность использования предложенного метода проведения мониторинга, диагностирования и прогнозирования параметров двигателя и транспортного средства с помощью БИПДК и разработанного ПО в практической деятельности автомобильного транспорта в условиях *ITS*.

ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ ПИТНОЇ ВОДИ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ТА ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

Гулієва Н.М.
Луцький національний технічний університет (Україна)

На сучасному етапі розвитку України основна увага приділяється економному використанню електроенергії, запровадженню новітніх ресурсо- та енергозберігаючих технологій очистки води, реконструкції мереж водопостачання і водовідведення з використанням сучасних екологічно чистих та безпечних матеріалів. Тому останнім часом для очистки питної води застосовують сорбенти на основі природних мінералів (зокрема, сапоніту, цеоліту та інші). Доцільно в такому випадку виготовляти фільтри на їх основі застосовуючи методи порошкової металургії, з метою заміни фільтрувальних елементів із титану [1].

Оскільки в наукових дослідженнях розглядається виготовлення пористих проникних матеріалів із природних мінералів на основі сапоніту при застосуванні самопоширюваного високотемпературного синтезу і вирішуються питання ресурсо- та енергозбереження, тому дослідження в даному напрямі є актуальними.

Для покращення якості питної води централізованого та децентралізованого водопостачання було виготовлено, випробувано та впроваджено партію фільтрів композиту сапоніт-титан на підприємствах КП «Луцькводоканал», ПАТ «СКФ – Україна» м. Луцька. Розроблені фільтри задовольняють вимоги державних стандартів у галузі водопостачання, а також, в харчовій та промисловій галузі. Технологічний процес полягає у методі сухого радіально-ізостатичному пресуванні та самопоширюваному високотемпературному синтезі [2].

Результатом досліджень є фільтри циліндричної форми висотою 220 мм із діаметром 40 мм виготовленні спресовані в межах тисків 500…700 МПа при температурі спікання 1350 ºС впродовж часу 80 с. Характерною особливістю самопоширювального високотемпературного синтезу є наявність двох матеріалів реакції – тугоплавкого з’єднання і окису металу-відновника. Структура такого матеріалу залежить від багатьох факторів розчинності, відношення питомої ваги, розміру реакційної маси, тиску газу. Процес швидкості горіння отриманого матеріалу в межах 0,46…3,67 мм/с та інтервалі тиску аргону 0,5…4,0 МПа.

Висновки. Отже, доведено, що запропонована і впроваджена ресурсозберігаюча технологія передбачає виготовлення композитів сапоніт-титан для очищення питних вод і сапоніт-алюміній для очищення стічних, технічних і технологічних вод.

ЛІТЕРАТУРА

1. Богатов Ю. В. Технологические аспекты получения компактного диборида титана методом СВС / Ю. В. Богатов, Е. А. Левашов, Т. В. Блинова, А. Н. Питюлин // Изд. вузов. Черная металургія. – 1994. –№ 3. – С. 51–55.

2. Гулієва Н.М. Отримання пористих проникних матеріалів з використанням природного мінералу − сапоніту в режимі самопоширюючого високотемпературного синтезу: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.02.01 «Матеріалознавство» / Н.М. Гулієва. − Луцьк, 2015. − 20 с.

МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ РЕСУРСА СУДОВЫХ НАСОСОВ НА ОСНОВЕ КОМБИНИРОВАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ

[1]Кожевникова Е.Е., [2]Агеев М.С., [3]Чиграй С.Л.
[1]*Одесская национальная морская академия (Украина)*
[2]*Херсонская государственная морская академия (Украина)*
[3]*Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт» (Украина)*

Актуальность исследований. Актуальной задачей отечественного водного и морского транспорта является эксплуатация и ремонт судовых систем (СС). Надежность и технико-экономическая эффективность судовых систем (СС) в значительной степени определяются надежностью и эффективностью насосов, которые: являются самыми распространенными механизмами на судах, обеспечивают их безопасность, поддерживают непрерывную работу энергетических установок и различных вспомогательных систем судна, удаляют из него сточные воды, используются при выполнении грузовых операций. На долговечность судовых насосов (СН) влияют его характеристики (давление, напор, скорость вращения и биение вала), свойства герметизирующей среды (ресурс уплотнения, износостойкость пары трения) и др. Ресурс СН определяется условиями их эксплуатации: диапазоном режимов работы, температуры, давления, загрузок. Опыт эксплуатации судов показывает, что срок службы насосов в среднем в 1,5…2,0 раза меньше нормативного. Гарантом сохранения парка судовых насосов, которые соответствуют требованиям надежности и безопасности эксплуатации, является: усовершенствование системы технического обслуживания и ремонта; повышение качества всех видов и форм ремонтно-восстановительных работ; создание нормативно-технической базы ремонтных технологий, направленных на снижение расходов; установление оптимальных условий и режимов эксплуатации судовых насосов (СН), используемых на стадии исчерпания ресурса деталей, а также после их ремонта; восстановление и ремонт имеющегося парка СН. В этих целях необходимо разрабатывать и внедрять низкоэнергоемкие технологические процессы восстановления сменно-запасных деталей СН**.**

Постановка задачи. Анализ износа деталей СН показал, что в первую очередь существует потребность в восстановлении поверхностей наиболее распространённых и часто выходящих из строя деталей, таких как валы. Использование традиционных методов ремонта и восстановления деталей типа вал судовых машин и механизмов не удовлетворяет запросам многих ремонтных производств. Поэтому, разработка и внедрение малозатратных технологических процессов восстановления и упрочнения валов СН для увеличения их ремонтного фонда, изыскание новых и усовершенствование существующих методов ремонта и восстановления валов СН, базирующихся на последних научных исследованиях в области нанесения защитных покрытий, которые позволят продлить срок их службы, является актуальной задачей судоремонтой отрасли. Решение этой задачи актуально для Украины в связи с ограниченностью сырьевых ресурсов, а разработка технологического процесса восстановления валов СН обеспечит снижение расхода дорогостоящих материалов и энергозатрат процесса ремонта при повышении его производительности с гарантией высоких показателей надежности отремонтированных изделий.

Результаты исследований. В результате проведения исследований разработан метод повышения ресурса судовых насосов (СН) на основе комбинированной технологии восстановления, который заключается в электроконтактным припеканием (ЭКП) предварительно сформованных газопламенным напылением порошковых слоев из самофлюсующихся сплавов на основе никеля. Анализ структур восстановленных

поверхностей показал, что на границе покрытие-деталь отсутствует зона перемешивания материала покрытия с материалом детали, т.е. отсутствует процесс расплавления и перегрев детали, что удовлетворяет техническим требованиям к деталям типа «вал». Разработан технологический процесс восстановления валов СН. Лабораторные и стендовые испытания валов СН показали, что износостойкость восстановленных поверхностей в 2,5…5,0 раза выше, чем поверхностей, восстановленные по технологии газопламенного напыления и в 1,5…1,7 раза по сравнению с новыми валами (см. табл.).

Эффективность разработанной комбинированной технологии восстановления валов СН путем нанесения защитных покрытий из самофлюсующихся сплавов (СФС) на основе никеля подтверждена на примере восстановления вала Н13.550.51.150-03 судового насоса ВКС 2/26 (таблица). На основании теоретических и экспериментальных исследований разработаны технологическая инструкция для восстановления вала Н13.550.51.150-03 судового насоса ВКС 2/26 и практические рекомендации по использованию комбинированной технологии восстановления, которые могут быть использованы на судоремонтных предприятиях Украины.

Таблица. Затраты на восстановление вала судового насоса при повышении его ресурса

№ чертежа вала СН	Метод восста-новления	Материал покрытия, твердость	Материал детали	Толщина слоя, мм	Затраты на одну деталь, грн.	Ресурс, %
Н13.550.51.150-03	ГПН (ТЕНА - $П_{сф}$) с ЭКП (УЭН - 01М03)	СФС на основе Ni ПГ-СР4 HRC 55-62	Сталь 95Х18 ГОСТ 5632-72	0,5…1,5	500	Увел. на 25…50%

Показано, что при выборе способа восстановления необходимо стремиться: к повышению наукоемкости технологического обеспечения процессов восстановления и к снижению их ресурсозатрат; к обеспечению роста прибыли при увеличении инвестиций в разрабатываемую технологию восстановления. Целесообразно характер развития технологии восстановления оценивать отношением роста прибыли к объемам инвестиций. Предложено наукоемкость комбинированной технологии восстановления валов СН оценивать показателем $К_н$, представляющим отношение технологических затрат к ресурсозатратам. Целесообразно использовать показателя наукоемкости $К_н$ для сравнения и оптимизации технологий восстановления по: материало- и энергоемкости, критериям прочности и износостойкости, производительности, ресурсозатратам и себестоимости.

Выводы. В настоящее время в Украине на судоремонтных предприятиях реальный ресурс валов СН после их ремонта составляет 20…25 % ресурса новых деталей, хотя должен быть не ниже 50 %. Развитие и внедрение ремонтных технологий сдерживается отсутствием использования в судоремонтном производстве методов, технологий и оборудования для восстановления деталей. Усовершенствование существующих и разработка простых в эксплуатации и дешевых технологий восстановления деталей судовых насосов (СН), позволит увеличить их ресурс и в значительной мере уменьшить поставки запасных частей, в том числе, импортного производства. Предложено повышать износостойкость и ресурс валов СН путем восстановления их рабочих поверхностей комбинированным способом нанесения защитных покрытий, который заключается в электроконтактным припеканием (ЭКП) предварительно сформованных газопламенным напылением (ГПН) порошковых слоев из самофлюсующихся сплавов на основе никеля. Износостойкость восстановленных поверхностей валов СН повысилась в 2,5…5,0 раза по сравнению с поверхностями, восстановленными технологии газопламенного напыления, и в 1,5…1,7 раза по сравнению с новыми валами.

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ДВОХДВИГУННИМ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ ЗІ ЗМІННИМИ ПАРАМЕТРАМИ

Крупіца П.О., Рожков С.О.
Херсонська державна морська академія (Україна)

В сучасних технологічних комплексах широке застосування знаходять електромеханічні системи з багатодвигунинними електроприводами [0]. Такі системи використовуються в машинобудуванні, в текстильній та переробляючій галузях та ін. До систем автоматизованого управління пред'являються жорсткі вимоги до плавності пуску, регулювання та синхронізації швидкостей, регулюванню моменту та ін. [0].

Широке застосування знаходять системи, які реалізовані з використанням декількох двигунів постійного струму. При цьому один електродвигун з незалежним збудженням приводить у рух усю транспортну систему агрегату, а другий, з послідовним збудженням, тільки виконавчі механізми і має м'яку механічну статичну характеристику. Особливістю управління електродвигуном є застосування тиристорного перетворювача зі статичним способом регулювання напруги в якості джерела живлення електричної машини. Однак застосування машин постійного струму в таких системах практично не ефективно за рядом причин, таких як: ненадійність елементів передачі енергії в обертаючу частину машини (щітки), високі показники матеріально-трудових витрат під час експлуатації та ремонту двигунів та інше.

В статті розглядається варіант системи управління, де застосовуються асинхронні двигуни з короткозамкненим ротором в якості приводних двигунів з частотним управлінням.

На рис. 1 наведено функціональну схему такої системи. До її складу входять двигуни М1 та М2, які через редуктори і1 та і2 передають механічну енергію на механізми агрегату ОС1 та ЩС2. Електрична енергія з необхідним значенням амплітудою та частоти живлючої напруги поступає з перетворювачів частоти, які складаються з випрямлячів U1 і U2 та інверторів UZ1 і UZ2 [0].

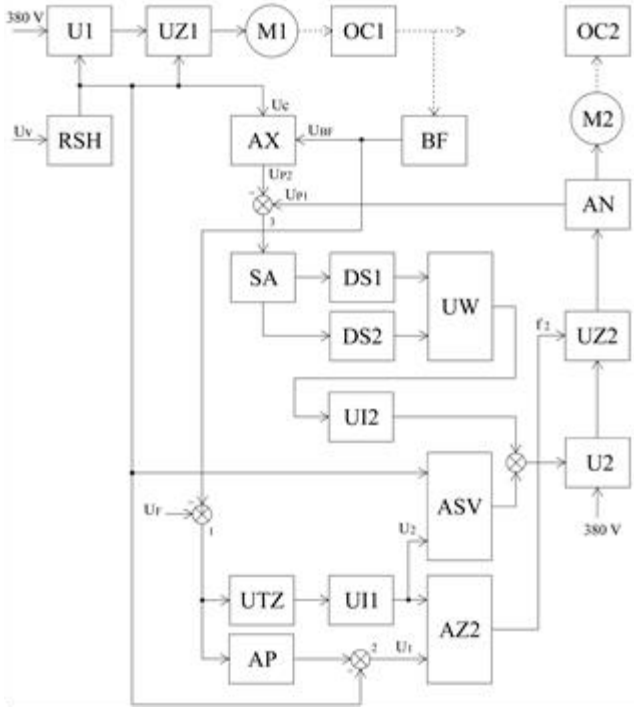


Рисунок 1. Функціональна система управління двохдвигунним електроприводом зі змінними параметрами

Для формування потрібного значення частоти в залежності від параметрів об'єкта управління ОС2 на виході інвертора UZ2 використовується задаючий генератор AZ2. На його вхід поступає перший сигнал U1 з суматора 2 (різниця сигналів з задатчика інтенсивності RSH та підсилювача АР) та другий сигнал U2, що формується ланцюгом до складу якого входить нуль-генератор UTZ та ступінчатого інтегратора UI1.

Для формування необхідного значення амплітуди живлячої напруги для двигуна М2 використовується два канали. Перший, до складу входить формувач напруги AVS, реалізує оптимальний закон частотного керування для асинхронного двигуна М2.

Другий канал виконує функцію корегування для отримання режиму роботи двигуна з мінімальним струмом. До складу цього каналу входить вимірювач активної потужності AN та блок множення AX. При наявності різниці між сигналами цих блоків відбувається формування сигналу корегуючим ланцюгом (перемикач SA, пристрої пам'яті DS1 та DS2, генератор порівняння UW та ступінчатий інтегратор UI2), який буде змінювати значення напруги живлення двигуна М2 в бік отримання мінімуму струму статора цієї електричної машини [0].

На рис. 2 наведено різні криві отримання мінімуму струму при різних параметрах механізму ОС2.

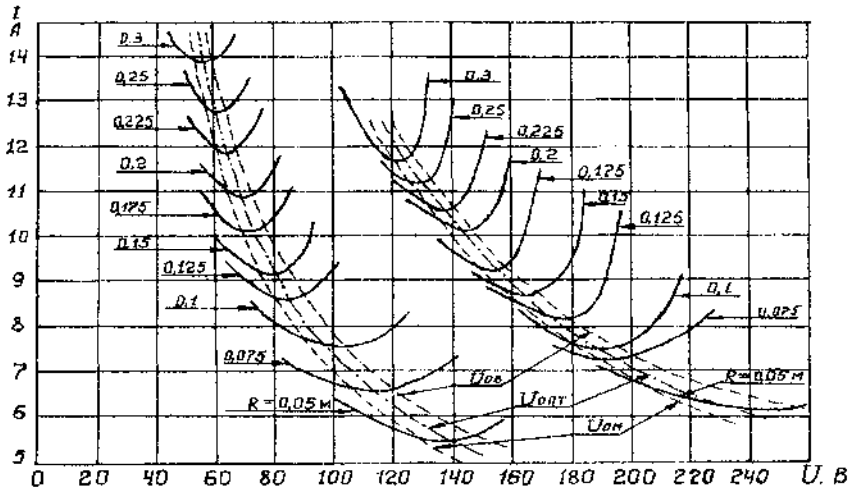


Рисунок 2. Експериментальні криві знаходження мінімуму струму
при різних параметрах механізму ОС2

Висновки. При управлінні двохдвигунним електроприводом необхідно знаходити оптимальний режим, враховуючи зміну параметрів механізму та струмового навантаження. Для вибору режиму роботи варто застосовувати векторні перетворювачі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Якимчук Г.С. Система автоматизированного частотно-регулируемого двухдвигательного электропривода с переменными параметрами / Г.С.Якимчук, П.А.Крупица, В.И.Глухова // Вісник Кременчуцького ДПУ. – 2003, Випуск 2 / 2003 (19). – С. 100 – 101.

2. Рудаков В.В, Асинхронные электроприводы с векторным управлением /В.В.Рудаков, И.М.Столяров, В.А.Дартау. –Л.:Энеогоатомиздат, 1987. –136 с.

3. J. W. Kolar, T. Friedli, F. Krismer, S. D. Round, "The Essence of Three-Phase AC/AC Converter Systems", Proceedings of the 13th Power Electronics and Motion Control Conference (EPE-PEMC'08), Poznan, Poland, pp. 27 – 42, Sept. 1 - 3, 2008.

4. Silva F. Sliding-mode control of boost-type iniry-power-factor PWM rectifier// Silva F. IEEE Trans/ on Ind. Ekectronics, vol. 46, n. 3, p.p 594-603, June 1999.

АНАЛИЗ ПРИЧИН ВЫХОДА СО СТРОЯ ГОЛОВНЫХ ПОДШИПНИКОВ ДВИГАТЕЛЯ JENBACHER320GS ПРИ РАБОТЕ НА БИОГАЗЕ

Литвин С.Н.
ООО «Мотортех» (Украина)

Введение. В создавшейся политической и экономической ситуации на Украине энергообеспечение стало серьезной проблемой. Рост цен на все основные энергоресурсы привел и к росту цен на потребительские товары и услуги. Поэтому актуальность вопросов энергосбережения, повышения энергоэффективности, внедрения новых видов топлива и повышения эффективности использования традиционных топлив трудно переоценить. В связи с этим большое значение приобретают вопросы использования нетрадиционных топлив, в том числе и газообразных – генераторного газа, биогаза, синтез-газа и других видов горючих газов получаемых, как в виде отходов ряда производств, так и получаемых целенаправленно в специально изготовленных устройствах. Целью их получения является преобразования менее удобного для использования топлива в более удобное или более эффективное топливо. Так, например, использовать как топливо отходы животноводства в исходном виде практически невозможно. В тоже время, получаемый с данных отходов в газгольдерах биогаз, нашел широкое распространение, как топливо для котельных, так и газовых двигателей. Использование биогаза в качестве топлива осложняется высоким содержанием в нем серы и повышенной влажностью. Это приводит к повышенному износу двигателя и в первую очередь цилиндропоршневой группы, пары седло-клапан, головных подшипников.

Постановка задачи исследования.

В связи с изложенным выше, поставлена задача выяснить причины повреждения головных подшипников двигателя Jenbacher 320 GS при работе на биогазе и наметить пути устранения данного дефекта.

Основная часть. На рис. 1 и 2 представлены фотографии показывающие повреждения головного подшипника двигателя Jenbacher 320 GS после работы на биогазе и явно различимы дефекты на поверхности антифрикционного слоя подшипника хорошо видимые при съёмке подшипника крупным планом. Двигатель, в процессе эксплуатации работал, как правило, на номинальном и близких к нему режимах.

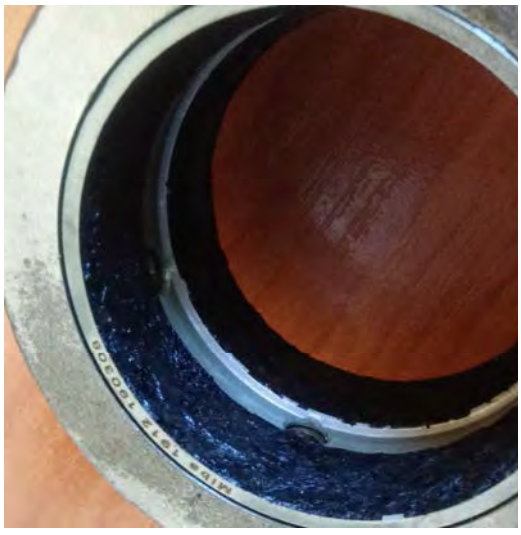


Рисунок 1. Повреждения головного подшипника двигателя Jenbacher 320GS после работы на биогазе

Рисунок 2. Дефекты на поверхности антифрикционного слоя подшипника, явно различимы при съёмке крупным планом

Из рисунка 1 видно, что на поверхности основы подшипника и на шатуне отсутствуют цвета побежалости – это свидетельствует об отсутствии повреждений, связанных с перегревом подшипника. На рабочей поверхности подшипника отсутствуют и грубые кольцевые риски, что свидетельствует об отсутствии факта попадания посторонних предметов в зазор между подшипником и поршневым пальцем. При съёмке рабочей поверхности подшипника крупным планом, рисунок 2, явно различимы поражённые участки материала подшипника. Рабочая поверхность подшипника, имеет вид пористой, выжженной агрессивной средой, поверхности.

С целью выяснения, причин повреждения головного подшипника двигателя Jenbacher 320GS и выявления связи возникших повреждений с работой двигателя на биогазе, было выполнено анализ изменения параметров двигателя и его систем в процессе работы. Анализ выполнялся, как на основании записей, сделанных операторами в рабочих журналах, так и по протоколам системы менеджмента моторов GE Jenbacher - DIA.NE XT, которая значительно облегчает работу, как по обслуживанию, так и по планированию сервисно-ремонтных мероприятий предоставляя информацию об изменении параметров двигателя и имевшихся отказах.

Одновременно с анализом произошедших изменений параметров было проанализировано и выполняемые в процессе эксплуатации двигателей анализы свойств моторного масла и их изменение в зависимости от времени наработки масла. Выдержки из анализов масла представлены в табл. 1.

Таблица 1. Изменение свойств моторного масла в процессе эксплуатации

Наименование измеряемых величин	Условные обозначения	Размерность	Результаты анализов по датам отбора проб			
1. Дата отбора проб	-	-	09.02.15	01.07.15	29.07.15	05.08.15
2. Наработка масла после замены	$T_м$	Мото-часов	285	952	1450	1727
3. Вязкость при 40°С	v	мм^3/с	121,67	125,15	126,61	121,05
4. Вязкость при 100°С	v	мм^3/с	13,88	14,10	14,28	14,32
5. Содержание меди в масле	Cu	мг/кг	4	6	12	12
6. Содержание алюминия в масле	Al	мг/кг	0	0	3	3
7. Содержание железа в масле	Fr	мг/кг	2	4	8	9
8. Содержание натрия в масле	Na	мг/кг	2	2	24	22
9. Окисление	-	А/см	4	7	8	9
10.Нитрование	-	А/см	1	2	3	3
11. Содержание серы в масле	S	мг/кг	1724	1911	2436	2620
12. Число основности	ВН	мг КОН/г	8,60	7,52	6,03	5,69
13. Водородный показатель	-	-	4,90	5,50	5,28	5,31
14. Полная наработка двигателя	$T_д$	Мото-часов	11580	12726	13224	13401

Как видно с таблицы содержание металлов в масле устойчиво растет. Заметно, особенно по сравнению со свежим маслом, снизилась щелочность масла. Следовательно, моторное масло с увеличением наработки меньше нейтрализует кислоты образующиеся в процессе горения и присутствующие в картерных газах. Анализ полученных результатов показывает, что описанный дефект объясняется или воздействием химических веществ, или созданием в зазоре подшипника гальванической пары, а на основании изучения дефекта подшипника видно, что возникнуть он мог в результате действия следующих факторов:

а) При достижении определённой концентрации компоненты моторного масла и сера из низкокачественного топлива - биогаза, начинают химически действовать агрессивно.

б) В результате работы на биогазе значительно повысилась кислотность моторного масла, оно стало агрессивным.

в) Моторное масло стало агрессивным из-за существенного превышения интервалов замены масла.

г) Моторное масло стало агрессивным из-за поступления в него охлаждающей жидкости способствующей образованию в нем электролита.

д) Повреждения подшипников вихревыми токами из-за плохого или ненадежного заземления двигателя.

е) Одновременное сочетание перечисленных выше факторов.

Записи, сделанные операторами в рабочих журналах и протоколы системы менеджмента моторов GE Jenbacher – DIA.NE XT, позволяют почти полностью исключить фактор г). То, что выход со строя головных подшипников, почти при одинаковой наработке, на трех двигателях свидетельствует, что охлаждающая жидкость в моторное масло не поступала – в противном случае аварийные ситуации возникли бы при различной наработке двигателей. В данном случае состояние подшипников было в строгом соответствии с наработкой двигателей.

Выводы:

1. Для обеспечения надежной эксплуатации газового двигателя при работе на биогазе необходимо использовать моторное масло в строгом соответствии с указаниями завода-производителя двигателя.

2. Замену моторного масла следует производить в строгом соответствии с результатами анализа масла, рекомендациями завода-производителя двигателя и видом применяемого топливного газа.

3. Для исключения повреждения подшипников вихревыми токами проверить и при необходимости выполнить надежное заземление двигателя.

4. Не допускать попадания охлаждающей жидкости из системы его охлаждения в моторное масло постоянно контролируя герметичность системы охлаждения или потерю охлаждающей жидкости в ней.

МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНАЯ ОБРАБОТКА И ТОПЛИВО

Малыгин Б.В., Погорлецкий Д.С., Амелин М.Ю., Россохатый В.А.
Херсонская государственная морская академия (Украина)

Магнитно-импульсная обработка (МИО), углеводородных топлив, деталей машин и рабочих органов технологического оборудования широко используется как для диагностики изделий, так и для повышения их положительных качеств: упрочения и повышения надёжности их работы [1]. Перспективным является повышение экономической эффективности и экологических показателей топлива судновых энергетических установок (СЭУ) при его МИО. Многие исследователи отмечают изменение свойств топлива под воздействием МИО, но одни исследователи отмечают значительное повышение экономической и экологической эффективности такой обработки (более 10 %), а другие исследователи, наоборот, ухудшение характеристик топлива при его обработке. Исследования влияния МИО на характеристики топлива в настоящее время проводятся без выяснения механизма такой обработки, без экспериментального изучения влияния параметров обработки на его физические свойства.

Актуальность. Запасы сырья для производства углеводородного топлива ограничены, распределены неравномерно и интенсивно вырабатываются. Стоимость топлива за последние годы значительно возросла. Проблема экономии в использовании топлива, а также экологические проблемы, связанные с продуктами его сгорания, относятся к наиболее актуальным сегодня проблемам. МИО топлива позволяет существенно повысить его экономическую эффективность и экологические показатели, что и определяет актуальность предлагаемой работы.

Постановка задачи. Стремление к сокращению затрат на топливо заставляет использовать наиболее дешевые высоковязкие сорта углеводородных видов топлива (мазут), искать решения по снижению его расхода. Малооборотные судовые дизели большой мощности, применяемые в качестве главных двигателей, работают в основном на тяжелых сортах топлива, в частности на мазуте. Тяжелые нефтепродукты представляют собой сложную коллоидную систему, смесь различных жидких и твёрдых органических и неорганических веществ: горючих, негорючих и внешнего балласта. Ассоциированные комплексы из высокомолекулярных парафиновых, полициклических, ароматических углеводородов, смол и асфальтенов образуют так называемые надмолекулярные структуры. Для экономии топлива и увеличения срока службы двигателей и уменьшения выброса вредных веществ наибольшее распространение получили такие способа обработки топлива как использование присадок, катализаторов-активаторов и магнитной обработки. Из магнитных обработок более перспективной является МИО топлива. Постоянные магниты применяются в различных фильтрах грубой очистки от железной стружки горюче-смазочных материалов.

Целью настоящей работы является изучение возможности наряду с гидродинамическими гомогенизаторами использования МИО, также приводящей к гомогенизации топлива.

Изложение основного материала. Нефтепродукты относятся к диэлектрикам, на поверхности которых обычно накапливается заряд статического электричества. Носителями заряда в нефтепродуктах являются ионы, заряжённые частицы, пузырьки газа [3]. Электроны легко прилипают к нейтральным молекулам и не существуют в свободном состоянии. Рекомбинация носителей заряда в топливе затруднена, поскольку заряды, взаимодействуя со средой, легко окружаются соседними молекулами, ориентированными соответствующими концами постоянных или индуцированных диполей к ионам. При нахождении в топливе инородных включений происходит их диссоциация, т.е. превращение молекул в пару ионов. Вода, находящаяся в топливе и являясь самым сильным растворителем и самой сильной ионизирующей средой, облегчает ионизацию

других примесей и увеличивает тем самым его электропроводность. Топливо можно рассматривать как неупорядоченную среду. Аналогично, как и в неупорядоченных твёрдых телах, материалах [2], на границе между неоднородностью (включением) с размером несколько микрон и топливом образуются донорно-акцепторные пары (ДАП). Расстояние между противоположными зарядами в ДАП должны быть достаточно малым, чтобы кулоновскими силами притяжения между ними невозможно было пренебречь, но не настолько малым, чтобы не произошла самопроизвольная рекомбинация зарядов. Соответствующее расстояние между зарядами в ДАП удовлетворяет условию слабого перекрытия волновых функций электронов, что необходимо для эффективной ДАР носителей заряда.

Ограничения по концентрации акцепторов в топливе, как неупорядоченной структуре, следующие:

1) Как и в твёрдых телах, для применения температурного разброса ловушек расстояние между донорами и акцепторами в топливе должно быть намного больше расстояний между соседними атомами.

2) Концентрация ловушек должна быть достаточно большой, чтобы между ними было малое геометрическое расстояние R, обусловливающее эффективную ДАР носителей заряда:

$$W_f = W_{fo} \exp\left(-\frac{2R}{a_0}\right),$$

где W_f – коэффициент ДАР; W_{fo}– некоторая постоянная, a_o – порядка расстояния между ближайшими атомами.

В случае температурного разброса ловушек наиболее вероятное расстояние для удалённых ДАП (R_m) определяется выражением:

$$R_m = \left(2\pi N_a\right)^{-1/3}.$$

Энергия кулоновского взаимодействия между ловушками равна:

$$E_g = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon\varepsilon_o R_m}.$$

В пространственной схеме ДАР (не зонной диаграмме, как в полупроводниках) носителей заряда на границе неоднородности (включения) учитываются как положение ловушек с концентрацией N_a, N_d, так и положение свободных неравновесных и равновесных электронов с концентрациями – n, n_o и дырок – p, p_o, соответственно (рис. 1).

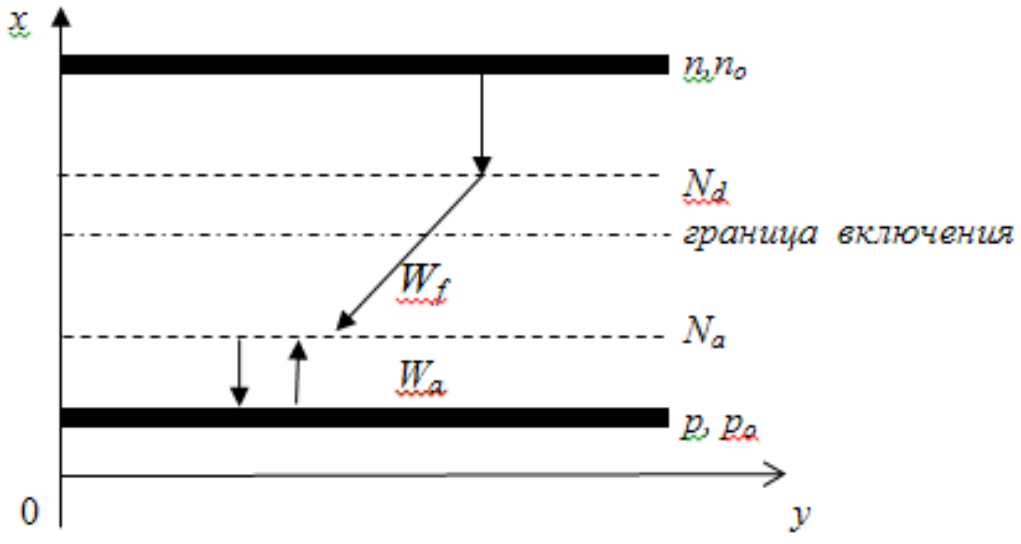


Рисунок 1. Схема ДАР носителей заряда на границе включения

По представленной схеме на доноры могут захватываться неравновесные и равновесные электроны n, n_o, а на акцепторы могут захватываться вследствие теплового разогрева и освобождаться с вероятностью W_a как равновесные, так и не равновесные дырки p, p_o.

Пусть концентрация положительных доноров равна N_+, а при захвате на них электронов – N_{do}. Концентрация отрицательных акцепторов равна N_-, а при захвате на них дырок – N_{ao}. В равновесном случае все доноры положительны, а концентрация отрицательных и нейтральных акцепторов, соответственно, равны: N_-^0, N_{a0}^0.

Доноры с захваченными на них неравновесными электронами с концентрацией N_{do} образуют с акцепторами, заполненными дырками с концентрацией N_{ao} ДАП, в которых возможна ДАР с вероятностью W_f.

Концентрацию свободных дырок можно найти из кинетических уравнений, описывающих изменение со временем концентраций заполненных дырками акцепторов $\frac{\partial N_{a\,o}}{\partial t}$ и неравновесных дырок $\frac{\partial p}{\partial t}$ при МИО данной структуры. Изменение со временем концентрации заполненных дырками акцепторов обуславливается тремя процессами (рис.1): захватом свободных дырок на отрицательные акцепторы с вероятностью W_a, тепловым их освобождением с такой же вероятностью W_a и ДАР с неравновесными электронами, захваченными на доноры с вероятностью – W_f.

Неравновесные ДАП, находящиеся на границах включений, являются некоторым колебательным контуром, собственная частота которого может быть резонансной с частотой МИО. Поэтому для получения положительного эффекта МИО топлива важна как величина индукции магнитного поля, так и параметры импульсов (форма, длительность, частота). При МИО топлива участие воды в его гомогенизации необязательно. Дробление топливных капель происходит за счёт разрыва связей в донорно-акцепторной паре на границе включений и в длинных полимерных цепочках органического топлива под воздействием импульсов магнитного поля. При МИО топлива энергия электромагнитного поля расходуется только на перемещение электрических зарядов противоположной полярности, расположенных на границах неоднородности и, возможно, в местах разрыва радикалов длинных молекулярных цепей. Таким образом, для концентрации энергии в локальных областях потребуется на несколько порядков меньшие её общие затраты. Сам механизм гомогенизации при МИО может быть аналогичным гидродинамическому методу.

Выводы: В силу того, что топливо является сложной структурой при наличии слабых связей в молекулах, поэтому влияние электромагнитных полей на топливо более сильное, чем на твёрдые тела. Для получения положительного эффекта МИО топлива важна как величина индукции магнитного поля, так и параметры импульсов (форма, длительность, частота), а отсутствие теоретической модели процесса МИО и соответствующей постановки эксперимента могут приводить к наблюдаемым противоречивым его результатам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Малыгин Б.В., Бень А.П. Магнитное упрочение изделий (теория и практика). – Херсон: Издательство Херсонского государственного морского института, 2009. – 352с.

2. Богданов А.В., Малыгин Б.В. Электропроводность твёрдых тел по донорно-акцепторным парам // Вестник Херсонского технического университета, 2010. – №1(37). – С. 28-32.

3. Латутова М.Н., Лукина Л.Г. Топливо: учеб. пособие. – СПб.: Петербургский государственный университет путей сообщения, 2005. – 35с.

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ НА МОРСКОМ ТРАНСПОРТЕ

Михайлик В.Д.
Херсонская государственная морская академия (Украина)

Прежде чем перейти к рассмотрению вопроса энергоэффективности на морском транспорте целесообразно, на наш взгляд, хотя бы вкратце отметить главные пути её развития на современном этапе. Анализ состояния использования топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) и наш опыт показывают, что решение энергетической проблемы страны следует вести по следующим основным направлениям [1,2]:

1. Энергосбережение во всех отраслях производств – как национальная приоритетная программа;
2. Широкое использование возобновляемых энергоресурсов, что потребует объединения традиционной и нетрадиционной энергетики;
3. Увеличение в энергобалансе страны доли угля, основного национального энергоресурса, по опыту США, для чего потребуется внедрение современных экологичных технологий сжигания угля в «кипящем» слое [2].

В Украине по-прежнему актуальна проблема топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), дефицит которых ощущается, как в народном хозяйстве, так и в быту. Это особенно заметно по природному газу — самому экологичному органическому топливу. Известно, что использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ) является экономичной альтернативой покрытия потребностей в топливно-энергетических ресурсах. При этом улучшаются условия проживания, уменьшаются загрязнения окружающей среды, и экономится не возобновляемое органическое топливо.

Мы хотим показать на примерах конкретных наших разработок, что использование возобновляемых энергоресурсов вместо традиционных, как в классической, так и в судновой энергетике, является своевременным и необходимым условием нынешнего времени, так как обеспечивает экономическую и экологическую эффективность.

Главный недостаток ВИЭ состоит в том, что их использование требует больших площадей из-за малой удельной выработки электроэнергии с 1 м^2 занимаемой площади (табл. 1). Из сопоставления видно, что для получения 1 кВт·ч электроэнергии земельная площадь, занимаемая солнечной электростанцией в 200 раз превышает площадь, занимаемую ТЭЦ, и в 500 раз превышает площадь, занимаемую АЭС [3].

Таблица 1. Удельная выработка электроэнергии и удельная площадь различных типов энергоустановок [3]

№ п/п	Вид первичной энергии (энергоресурса)	Тип установки	Выработка электроэнергии, кВт·ч/(м^2·год)	Удельная площадь, м^2/(кВт·ч·год)
1	Ветровая энергия	ВЭС	12	0,083
2	Солнечная энергия	СЭС	30	0,033
3	Органические отходы	БГУ	100	0,010
4	Органическое топливо	ТЭЦ	6000	0,000167
5	Обогащенный уран	АЭС	15000	0,000067

При работе паровых и водогрейных котлов судновой энергетики на угле до сих пор применяется «грязная» технология с выбросами в атмосферу окислов азота и серы. И это при том, что еще в 70-х годах XX века в Украине уже была разработана и освоена природоохранная технология применения дробленного и зернистого угля в парогенераторах с «кипящим» слоем [2]. Согласно этой технологии, за счет псевдосжижения слоя угля резко возрастает интенсивность процессов тепломассопереноса. Поэтому топка котла работает при гораздо более низких температурах, не более 800…900 ºС, вместо 1300…1400 ºС. Поэтому существенно уменьшается образование окислов, а окислы азота вообще не образуются.

Экологичная технология применения парогенераторов с «кипящим» слоем угля [2], за счет умеренных температур слоя (750…900 ºС) позволяет устранить образование окислов азота, и может быть использована и на кораблях морского и речного флота, без загрязнения окружающей среды вредными выбросами окислов азота и серы. При этом окислы серы устраняются как за счет размягчения серы и удаления её со шлаком, так и путем добавки в слои небольшого количества мелкого известняка, который связывает серу и вместе с ней удаляется со шлаком.

Энергия солнца и ветра на морском транспорте может использоваться как для энергоснабжения корабля, так и для опреснения морской воды. Мы ведем разработку и в этом направлении [4].

ЛИТЕРАТУРА

1. Бобылев С.Н., Ходжаев А.Ш. Экономика природопользования. – М.: ТЕИС, 1997. – 272 с.

2. Варварский В.С. Михайлик В.Д. Парогенераторы с кипящим (псевдоожиженным) слоем. – М.: Информэнерго, 1979. – 50 с.

3. Шишкин Н.Д. Малые энергоэкономичные комплексы с возобновляемыми источниками энергии. – М.: Готика, 2000, – 230 с.

4. Патент України на корисну модель № 100061 «Апатар для опріснення морських та солоних вод», - 2015, автори: Михайлик С. В., Селіванов С.Є., Чепок В.І., Корзун В.В. Опубл. 10.07.2015 р., бюл.№13.

5. Михайлик С. В., Крючковский В. В., Михайлик В. Д. Экологоэкономические проблемы Украины и пути решения некоторых из них // Экономические инновации. Выпуск 22. - Одесса: ИПР и ЭЭИНАНУ. - 2005, - с. 65-72.

6. Михайлик В. Д., Крючковский В. В. Использование возобновляемых источников энергии: проблема, инновационные решения, эффективность // Экономические инновации. Выпуск 28. - Одесса: ИПР и ЭЭИНАНУ. - 2007. - с. 210-219.

7. Патент України на винахід № 89346 «Теплоутилізатор енергії сонця». - 2010, автор: Михайлик С. В. Опубл. 11.01.2010 р., бюл.№1.

8. Патент України на винахід № 55797А «Вітрова гребля», автор: Михайлик С.В. Опубл. 2003 р., бюл.№4.

ПРОБЛЕМЫ ЗАЩИТЫ СУДОВЫХ ГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК

Наговский Д.А., Дощенко Г.Г.
Херсонская государственная морская академия (Украина)

Введение. Система электрообеспечения судна является 1-й среди его систем жизнеобеспечения. Соответственно, обеспечение мер по обслуживанию этой системы носит ответственный характер. Для обеспечения сохранности электрооборудования судов существуют множество защитных устройств различного назначения и градации по мощности. Условно их можно раздеть на 2 группы: защита потребителей и защита источников электроэнергии. Одним таких важных защит является автоматический регулятор напряжения (АРН). Его наличие в большинстве случаев позволяет обеспечить защиту как судовых потребителей электроэнергии, в том числе и ответственных, т.е. отвечающих за живучесть судна, так и генераторных агрегатов. АРН включает защиту от повышенного напряжения с отключением выходного устройства регулятора и возможностью отключения генераторного автомата в случае неполадок при возбуждении генератора.

Актуальность исследований. Отказ автоматического регулятора напряжения на судне может иметь тяжелые последствия. Одним из таких последствий может стать полное обесточивание судна или выход из строя генераторных агрегатов и ответственных потребителей [3].

Как показывает практика [3], отказы АРН не являются редкостью, поэтому с целью предотвращения выхода из строя навигационного, бытового и прочего судового оборудования, возникает необходимость повышения степени защиты от повышенного напряжения и бросков токов в сети. Такие технические решения повысят надежность электрообеспечения судна в целом и, таким образом, повысят показатели живучести судна.

Постановка задачи. Обеспечить дополнительную защиту судовых генераторных агрегатов и судовых потребителей электроэнергии от повышенного напряжения и бросков тока в сети.

Результаты исследований. Автоматический регулятор напряжения предназначен для управления током возбуждения без щеточных синхронных генераторов [3]. Он замеряет напряжение на генераторе и управляет током возбуждения для поддержания напряжения на заданном уровне, компенсируя, таким образом, изменение нагрузки, частоту вращения вала, температуру и cosφ генератора [3].

В результате проведенных исследований было предложено устройство [3], способствующее отключению генераторного автомата быстрее, чем это делает АРН на базе микроконтроллера AVR [1, 2]. Данное устройство имело один недостаток: оно опрашивало по очереди генераторы и сравнивало значение напряжения с уставкой, затем, в случае невыполнения уставки, отключало генераторный автомат. Судовые генераторы, зачастую, работают в режиме параллельной работы. Данный момент при разработке защиты [3] не учитывался. Поэтому новую систему защиты предлагается построить на основе измерения токов генераторов, с целью определения проблемного и его последующим отключением. Структурная схема системы показана на рис. 1.

На основе полученных данных о токах генераторов, получив завышенные значения токов, колебаний их значений во времени, можно сделать вывод о проблемах возбуждения генератора. Тогда система подключается к системе управления параллельной работой СГ и выводит генераторы из параллели, распределяя нагрузку. После чего происходит повторный опрос значений тока генераторов и отключение генераторного автомата в случае превышения уставки.

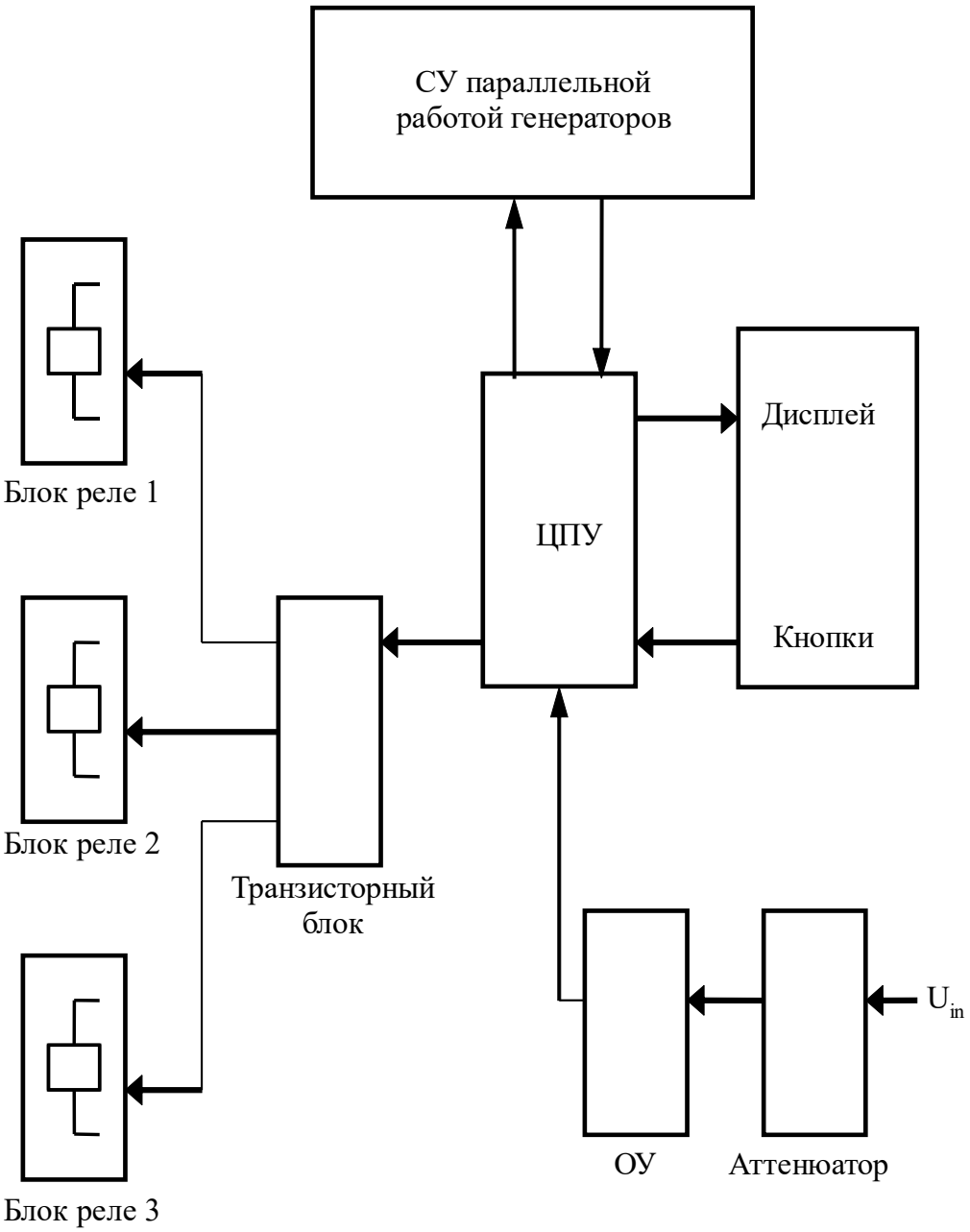


Рисунок 1 – Структурная схема усовершенствованной системы защиты СГ

Выводы. В морских условиях специалисты всегда придерживаются правила: *Safety First*, и это неслучайно. В результате проделанной работы получена доработанная защита судовых СГ и ответственных потребителей электроэнергии на судах, которая учитывает особенности параллельной работы СГ. Защита является экономически обоснованной и простой в обслуживании ввиду ее конструкции (рис. 1).

ЛИТЕРАТУРА

1. Баранов В.Н. Применение микроконтроллеров AVR: схемы, алгоритмы программы. — М.: Издательский дом «Додэка-XX1», 2004. – 288 с: ил. (серия «Мировая электроника») ISBN 5-94120-075-7.

2. Водовозов А.М. Микроконтроллеры для систем автоматики: Учебное пособие. – Вологда: ВоГТУ, 2002. – 131с.

3. Наговский Д.А. Совершенствование защиты судовых дизель-генераторов. Матеріали VII міжнародної науково-практичної конференції MINTT. – ХДМА: Херсон. – 2015. – с.297-300.

ПЕРСПЕКТИВНИЙ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИЙ ПРОЦЕС СЬОГОДЕННЯ – СВС-СИНТЕЗ

Рудь В.Д., Самчук Л.М., Савюк І.В.
Луцький національний технічний університет (Україна)

Одним з ефективних способів отримання та обробки порошкових матеріалів з необхідними функціональними властивостями є саморозповсюджуючий високотемпературний синтез (СВС-процес), який застосовується в гетерогенних, екзотермічних реагуючих порошкових сумішах. Для СВС-процесу, в якому традиційно розглядають 4 області: зона попереднього прогріву, спалахуюча зона, високотемпературна зона екзотермічної реакції, зона догорання. В зоні догорання в основному відбуваються дифузійні процеси, що супроводжуються процесами фазових і структурних перетворень. Розробка засобів реєстрації та контролю таких явищ важлива для розвитку СВС-технології на новому технологічному рівні, яка полягає в програмно керованому синтезі матеріалів при візуалізації фронту хвилі горіння.

У Луцькому національному технічному університеті був розроблений реактор для здійснення процесу СВС. З урахуванням цих недоліків конструкцію реактора вдосконалили. Модернізоване креслення реактора подано на рис. 1. Реактор розрахований на спікання зразків діаметром 40мм та максимальною висотою 220мм.

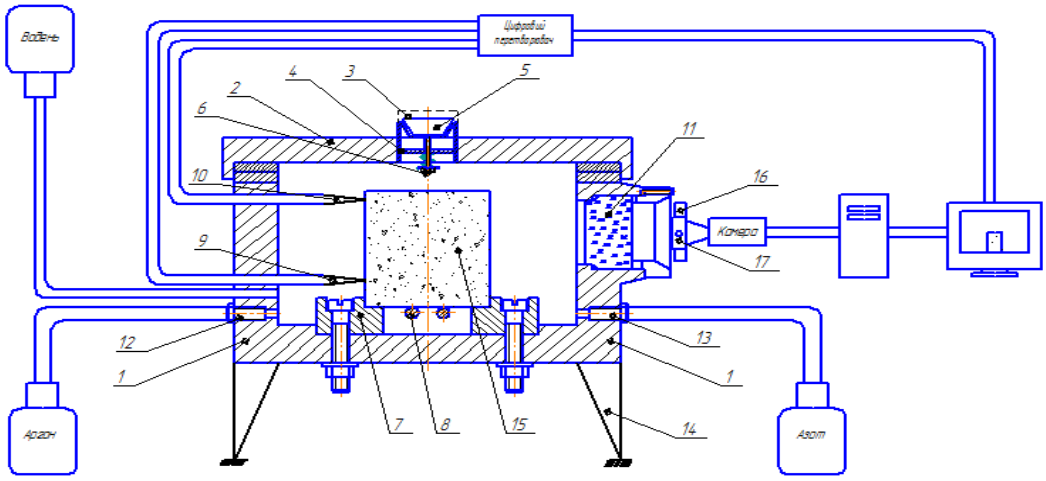


Рисунок 1. Реактор для здійснення СВС-процесу: 1 – корпус; 2 – роз'ємна кришка; 3, 4 – прокладка; 5 – запобіжний клапан; 6 – регулювальна гайка; 7 – підковоподібна підложка; 8 – ніхромова спіраль; 9, 10 – термопари; 11 – вікно спостереження; 12, 13 – штуцер; 14 – стійка; 15 – зразок; 16 – світлофільтр; 17 – тримач

Технічно реактор виконаний у вигляді термоізольованої ємності, із роз'ємною кришкою 2, яка дозволяє ставити дослідні зразки на підковоподібну підложку 7 всередині реактора. В кришку вмонтований клапан 5, який складається з корпуса, пружини і регулювальної гайки 6. Клапан служить запобіжником у випадку вибухонебезпечної ситуації. Корпус реактора 1 виготовлений з нержавіючої сталі марки 95Х18 і розміщений на стійках 14. Досліджуваний зразок 15, який знаходиться на підковоподібній підложці, нагрівається за допомогою ніхромової спіралі 8 марки Х20Н80, з діаметром ніхрому 0,8мм та діаметром стрижня 3 мм. Довжина спіралі складає 68 см. Ніхромова спіраль під'єднана до блоку живлення. Фронт горіння розповсюджується від низу зразка до протилежного боку за допомогою ніхромової спіралі. Температура нагрівання зразка контролюється за допомогою вольфрамренійових термопар 9, 10 марки ВР-5 та ВР-20, підключених до комп'ютера через аналого-цифровий перетворювач моделі В7-35. В термоізольовану

ємність приєднано балон з воднем, для забезпечення захисту поверхні зразка від процесу окислення. Через штуцери 12 і 13 приєднано балони із аргоном та азотом. З одної із бокових сторін розміщено вікно спостереження, в яке вмонтовано кварцове скло 11 товщиною 6 мм. Спостереження за процесом горіння здійснюється за допомогою відеокамери моделі Nikon D5100. Оскільки процес СВС-горіння супроводжується яскравим світінням, для отримання якісного зображення використовується світофільтр 16 серії ND_4, діаметром 62 мм та товщиною 1 мм. Вибір світлофільтра регламентується моделю об'єктива Nikon 1855 та його параметрами, зокрема діаметром 62 мм. Фільтр такого типу призначений для зменшення кількості світла, що потрапляє при зйомці на матрицю камери, а також для коригування кольору, яскравості та контрастності. Світлофільтр кріпиться до об'єктиву камери різьбовим з'єднанням за допомогою спеціального тримача 17. Камера під'єднана до комп'ютера, за допомогою якого на основі комп'ютерних програм будуються графічні залежності: поширення хвилі горіння у дослідному зразку, зміна температури від часу.

Отримана за допомогою відеокамери послідовність фотографій процесу взаємодії пресованої стехіометричної суміші із пірофорних порошків титану і сапоніту при тиску аргону 3МПа наведена на рис. 2. За початкову стадію була прийнята стадія нагрівання зразка за допомогою ніхромової спіралі при температурі $T = 300^0 C$. На наступному кадрі зафіксовано момент запалювання нижнього шару зразка, що супроводжується яскравим світінням. Після стадії ініціювання відбувається стадія протікання екзотермічної реакції порошку титану з сапонітом. Загальний час спікання пресованої стехіометричної суміші із порошків титану і сапоніту становить 80 с.

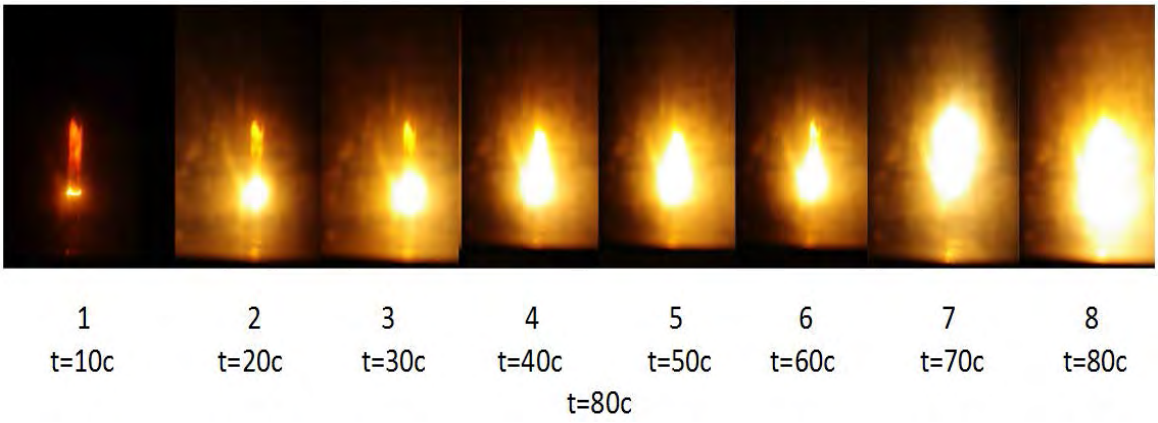


Рисунок 2. Фотографія процесу горіння стехіометричної порошкової суміші титану з сапонітом

Висновки. В результаті модернізації конструкції реактора для синтезу отримані достовірні експериментальні результати по спостереженню за хвилею горіння для різних матеріалів. Розбіжність експериментальних даних з теоретичними розрахунками для суміші титану із сапонітом становить 10…15 %. Це обумовлено, на наш погляд, більш високою окисленістю порошку титану.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кирдяшкин А.И., Саламатов В. Г., Габбасов Р.М., Максимов Ю.М., Соснин Э.А., Тарасенко В.Ф. Особенности оптического излучения реакционных систем в процессе СВС // Горение и плазмохимия: Материалы IV Международного симпозиума. – Алматы, Казахстан, 2007. – С. 56 – 58.

2. Цыба Г.А., Саламатов В.Г., Поляков В.Л. Видеопирометр // Приборы и техника эксперимента. – 2003. – №4. – С. 54 – 57.

ПОРІВНЯННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ СИСТЕМ НЕТРАДИЦІЙНОЇ СУДНОВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

Настасенко В.О.
Херсонська державна морська академія (Україна)

Вступ. До сучасної нетрадиційної суднової енергетики відносять сонячну, вітрову та гідрохвильову. Дані напрямки досліджень набувають все більшого поширення, оскільки пов'язані не тільки з економією палива, а й зі зменшенням шкідливих викидів, які виділяються при спалюванні в ДВЗ традиційних і нетрадиційних палив. Останній фактор надав потужного поштовху даним дослідженням, оскільки раніше економія палива була потребою тільки судновласників, а зменшення шкоди довкіллю – нагальна потреба всього суспільства, під яку сплановані програми ООН. Таким чином, вирішення задач суднової нетрадиційної енергетики є актуальною і важливою проблемою для наукових досліджень. Усі провідні суднові держави почали розробку екологічно чистих суден, до цих робіт в 2014 році приєдналася навідь Liberian Registry, флот якої є одним із найбільших у світі. Однак використання нетрадиційної суднової енергетики пов'язане з великою кількістю науково-технічних і економічних проблем, розв'язання яких є *головною метою* виконуваної роботи.

Аналіз проблем використання нетрадиційної суднової енергетики. Основною проблемою є умови експлуатації суден, для яких найважливіший фактор – своєчасна доставка вантажів. Оскільки вона не повинна залежити від погодних умов, які є основою для використання джерел нетрадиційної суднової енергетики, тому судно повинне мати надійну енергетичну ситему, яка компенсує відсутності сонця, вітру або хвиль.

Друга проблема – габарити суден, які призначені для перевезення вантажу, тому на судні немає вільного місця і резервів вантажопід'ємності для розміщення нетрадиційних суднових систем.

Інші проблеми мають техніко-економічний характер, розв'язання яких можливе з розвитком техніки.

Наприклад, сучасні сонячні енергетичні установки фотоелектричного типу дають лише 0,125 кВт електричної енергії з 1 м^2 площі, тому їх використання на танкерах, або поромах закритого типу, на яких площина, що відкрита для сонця, досягає (3…10)×10^3 м^2, дозволяє отримати тільки 400…1200 кВт електричної енергії, що можливо лише в сонячні дні у світлий час доби. Однак вже зараз ведуться розробки систем, які працюють від інфрачервоного випромінювання, що дозволить використовувати такі батареї вночі, а в майутньому розвиток техніки може збільшити питому потужність вироблення електричної енергії з 1 м^2 батарей в 2…3 рази, що відповідно збільшить кінцеву потужність ситеми. Вартість сучасних сонячних батарей поки що завелика, однак вона теж зменшується.

Таким чином, необхідно з'ясувати, які можливі потужності здатні забезпечити нетрадиційні суднові енергетичні установки.

Оцінка можливостей нетрадиційних енергетичних систем і шляхи їх розвитку.

Сонячні енергетичні системи найбільш прості в реалізації на судні. Але їх можливості суттєво обмежені для суден, палуба яких використовується для перевезення вантажу, що практично не залишає відкритих місць для розмішення сонячних батарей. Для танкерів і поромів очикується подальше збільшення потужностей фотоелектричних систем до 2…5 МВт, а більші можливості – поки що не обгрунтовані, навіть теоретично. Однак цієї потужності недостатньо для сучасних поромів і танкерів вказаних вище площин і габаритів, оскільки потужність їх ДВЗ досягає 24…48 МВт.

В сучасних проектах екологічно чистих суден збільшення площини фотоелементів забезпечується за рахунок розміщення їх на поверхні вітрил (проекти суден 2025 року: "E/S ORCELLE", Швеція, "EcoMarinepower", Японія, та інших). Для контейнровозів передбачається використання П-подібних кришок, якими накривають контейнерні палуби,

на поверню яких нанесені фотоелементи (проект судна 2030 року фірми Nippon Yusen Kaisha (*NYK*) Японія). Але й для них доля вироблюваної електричної енергії не перевищує 5% від потужості головного двигуна, тому дане джерело енергії для суден може бути лише додатковим.

На вітрову енергетику суден покладаються певні перспективи, оскільки на суходолі її використання дуже поширене, а в недалекому минулому флот був вітрильним. Однак вітрила ефектвні при попутному вітрі швидкістю 10…15 м/с (при більшій швидкості їх використання небезпечне, а при меншій – швидкість судна буде замалою для перевезень). При цьому вітрильність, яка необхідна для руху суден водотоннажністю від 10 тис. т., є занадто великою, що потребує занадто високих щогл і ускладнює керування ними. Але усі перелічені вище проекти екологічно чистих суден мабутнього передбачають використання вітрил попутного принципу дії. Ряд їх недоліків усувають вітрила "SkySails" типу летючого крила, однак запуск, спуск і керування ними ускладнені, особливо при великій вітрильності. Ще більше недоліків усувають розроблювані автором даної роботи вітрові електрогенераторні системи зустрічного принципу дії, але їх потужності пов'язані з площиною поперечного перетину надбудов судна, тому теж обмежена величиною до 5 МВт і не перевищує 20% від потужості головного двигуна. Таким чином, усі відомі вітрові системи для транспортних суден можуть бути лише додатковими до головного двигуна.

Гідрохвильова енергетика має найбільший потенціал, оскільки щільність води – значно більша щільності повітря, але гідрохвильові установки у вигляді розміщених під днищем судна платформ-плавників, які коливають хвилі, використані лише в проекті судна "E/S ORCELLE". Їх потужність обумовлена площиною плавників і може досягати 5 МВт. Але вони небезпечні при посадці судна на мілину, тому в інших відомих проектах вони відсутні.

Усувають вказані недоліки гідрохвильові електрогенератори маятникового типу, які розроблені автором даної роботи, Для 4-го покоління таких електрогенераторів може бути використана вся маса вантажів судна, тому їх енергія при коливанні судна хвилями, може досягати 5…15 МВт, яку має значна кількість суден, де вони можуть бути основними і повнісю заміними базові ДВЗ. Але ефективність даних систем неможлива під час штилю і обмежена габаритами суден довжиною до 150 м.

Для усунення першого недоліку пропонується встановлювати на судні маятникові гідрохвильові системи збільшеної на 20…30% потужності у порівнянні з базовими ДВЗ, а надлишок утвореної електроенергії – спрямовувати на електроліз водню з води і запасати його в балонах у гідрідному стані. Ці запаси пропонується використовувати в штиль у мембранних водневих паливних елементах, які утворюють електричну енергію напряму, в рамках перетворень:

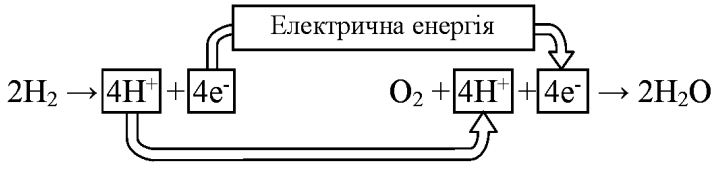


Рисунок 1. Схема фізико-хімічних перетворень у мембранній водневій батареї електричного струму

Однак дані системи є додатковими, які використовують водотоннажність судна, що звільнена від цистерн і паливних систем ДВЗ. Їх установка обов'язкова для всіх суден.

Для усунення другого недоліку надлишки водню можна продавати на судна великих розмірів і додатково виробляти його на прибережних гідрохвильових електростанціях.

Загальні висновки по роботі.

На суднах рекомендується комплексне використання усіх видів нетрадиційної енергетики, де найбільші можливості забезпечують гідрохвильові електрогенератори маятникового типу, у сполученні з мембранними водневими паливними елементами.

РОЗРОБКА СХЕМИ ТРОНКОВОГО ДВИГУНА, У ЯКОМУ СИЛА, ЩО ВИНИКАЄ ПРИ ЗГОРЯННІ ПАЛИВА ПОВНІСТЮ ПЕРЕДАЄТЬСЯ УЗДОВЖ ОСІ ШАТУНА

Самарін О. Є.
Херсонська державна морська академія (Україна)

Вступ. Сучасний поршневий двигун внутрішнього згоряння представляє собою теплову машину, в якій хімічна енергія палива перетворюється в механічну роботу [1]. Він складається з нерухомих деталей, що становлять остов - фундаментна рама, станина, циліндри, циліндрові кришки та рухомих деталей (поршнева та шатунна групи) - поршні, шатуни, колінчастий вал.

Під дією тиску газів виникає бічна сила, що притискає поршень до втулки циліндра та обумовлює появу підвищеної сили тертя. З урахування умов роботи циліндро-поршневої групи (висока температура, недостатнє змащення поверхонь, що труться), відбувається інтенсивне зношування як поршня, так і втулки циліндра, що зменшує строк служби двигуна. Крім того, на подолання підвищеної сили тертя витрачається енергія палива, що зменшує потужність двигуна.

Враховуючи масове використання поршневих двигунів внутрішнього згоряння, а також високі витрати на паливо, проблема зменшення енергоємності роботи двигуна, а також підвищення потужності та строку його служби набуває практичної значущості.

Мета та задачі проведення досліджень

Розробити схему такого поршневого двигуна, у якому сила, що виникає при згорянні палива у циліндрі та діє на поршень P, повністю передається уздовж осі шатуна та не викликає появи нормальної сили N, направленої перпендикулярно до осі циліндра.

Для досягнення поставленої мети необхідно провести аналіз конструкції нерухомих та рухомих частин двигуна, встановити причину виникнення нормальної сили N, провести векторний аналіз сил у новій схемі двигуна.

Рішення поставленої задачі

Запропонований поршневий двигун складається з фундаментної рами 1, станини 2 та циліндра з кришкою 3, у середині яких розташовано поршень 4 з шатуном 5, шарнірно з'єднаним з колінчастим валом 6. Циліндр з кришкою 3 з'єднано із станиною 2 за допомогою шарніра 7, а поршень 4 з шатуном 5 – жорстко (рис.1).

З'єднання циліндра з кришкою 3 із станиною 2 за допомогою шарніра 7 дозволяє забезпечити коливання циліндра з кришкою 3 відносно станини 2 та усунути нормальну силу *N*, перпендикулярну до осі циліндра, при роботі двигуна. Жорстке з'єднання поршня 4 з шатуном 5 дозволяє забезпечити коливання циліндра з кришкою 3 у відповідності до обертання колінчастого вала 6.

У запропонованому двигуні сила, що діє уздовж шатуна $P_ш$ дорівнює сумарній силі P:

$$P_ш = P = P_г + P_j .: \; P_ш =$$

Тому тангенціальна сила T і спрямована уздовж щоки вала сила Z становлять відповідно (рис. 2):

$$T = P \cdot \sin(\varphi + \beta);$$

$$Z = P \cdot \cos(\varphi + \beta).$$

При цьому крутний момент на колінчастому валу буде дорівнювати:

$$M_{кр} = T \cdot R = P \cdot \sin(\varphi + \beta) \cdot R .$$

Під дією крутного моменту в колінчастому валу виникають напруження скручування.

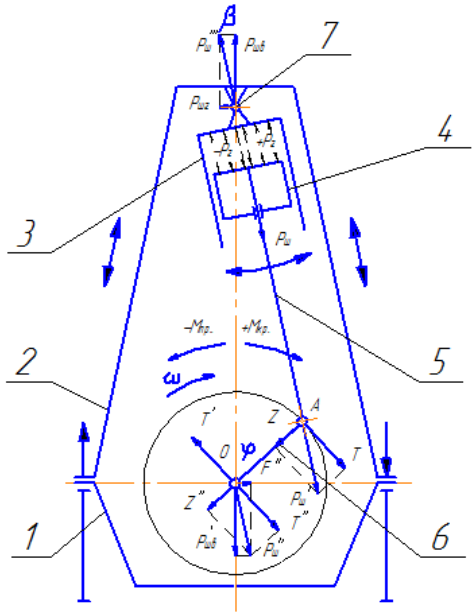


Рисунок 1. Поршневий двигун: 1 - фундаментна рама; 2 – станина; 3 – циліндр з кришкою; 4 – поршень; 5 – шатун; 6 - колінчастий вал; 7 – шарнір

Силу $P_ш$, перенесену уздовж поздовжньої осі шатуна у центр шарніра 7, позначимо $P'''_ш$ та розкладемо її на дві складові – горизонтальну $P_{шг}$ та вертикальну $P_{шв}$ сили, які дорівнюють [3]:

$$P_{шг} = P'''_ш \cdot \sin\beta\,; \qquad P_{шв} = P'''_ш \cdot \cos\beta\,.$$

Горизонтальна сила $P_{шг}$ разом з силою F'' на плечі H створюють рівний $M_{кр}$, але протилежно спрямований реактивний момент $M_{опр}$, (рис. 2):

$$M_{опр} = -F \cdot H = -P \cdot H \cdot \tan\beta\,.$$

Вертикальна сила $P_{шв}$ врівноважується силою $P'_{шв}$, що виникає у підшипнику колінчастого вала.

Висновки та рекомендації

Запропоноване технічне рішення дозволить зменшити енергоємність поршневого двигуна та підвищити його потужність і довговічність завдяки зменшенню сил тертя між поршнем та циліндровою втулкою. Наведена схема дозволяє в тронковому двигуні використати переваги крейцкопфного. У циліндрі двигуна відсутня нормальна сила, спрямована перпендикулярно до його осі. Тому не виникає перекладка поршня і він не притискається додатково нормальною силою до втулки циліндра у площині коливання шатуна. У результаті цього забезпечується рівномірне зношування поршня та циліндра по всьому периметру так само, як у крейцкопфному двигуні.

Таким чином, строк служби тронкового двигуна наближається до строку служби крейцкопфного двигуна. При цьому, завдяки відсутності крейцкопфного механізму, його габаритні розміри та маса значно менші.

ЛІТЕРАТУРА

1. Возницкий И.В. Судовые двигатели внутреннего сгорания: том.1. – М.: Моркнига, 2008. – 282 с.

2. Гоц А. Н. Кинематика и динамика кривошипно-шатунного механизма поршневых двигателей: учеб. пособие / Владим. гос. ун-т. – Владимир: Редакционно-издательский комплекс ВлГУ, 2005. – 124 с.

3.Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики: М. «Государственное издательство физико-матетатичкской литературы», 1961. – 401 с.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОАКТИВАЦИИ НА СИСТЕМЫ ЖИДКОСТНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Семенов Н.Н.
Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова (Украина)

Одной из причин выхода из строя судовых среднеоборотных и высокооборотных двигателях есть коррозийно-эрозийное разрушение поверхности втулок цилиндров [1].

Перспективным направлением повышения ресурса роботы втулок является специальная обработка охлаждающей жидкости в специальных аппаратах – электроактиваторах, которые могут быть непосредственно включены в систему охлаждения двигателей внутреннего сгорания. В электроактиваторах происходит электрохимическая активация охлаждающей жидкости, а именно физико-химический процесс электрохимического и электрофизического воздействия на жидкость, в условиях минимального выделения тепла в области пространственного заряда с поверхности электрода (анода или катода) электрохимической системы при неуравновешенном перенесении заряда через границу «электрод-электролит» электронами [2]. Полученный в результате реакции раствор из катодной камеры предлагается использовать в системах охлаждения.

Для экспериментального подтверждения эффективности использования электроактивированой жидкости (ЭАЖ) была создана экспериментальная установка (рис. 1), в которой путем применения эффекта магнитострикции удалось ускорить время эрозийно-кавитационного процесса.

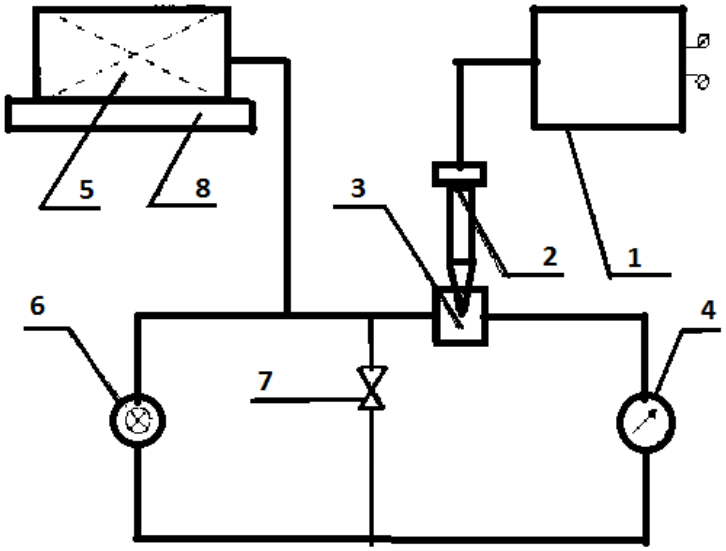


Рисунок 1. Экспериментальная установка: 1 – генератор ультразвуковых волн, 2 – магнитострикционный вибратор, 3 – экспериментальный участок, 4 – расходомер, 5 – бак-расширитель, 6 – насос, 7 – байпасный клапан, 8 – нагревательный элемент

Лабораторные испытания проводились на образцах, изготовленных из серого чугуна СЧ-24, предварительно отшлифованных и обезжиренных, со следующими параметрами: высота – 84,6 мм, ширина – 70 мм, толщина – 4 мм.

Моделирование условий коррозийно-эрозийных процессов в системах охлаждения осуществлялось в испытательной камере, в которую вмещались два испытуемых образца - «пассивный» и «активный». «Активный» образец при помощи резьбового соединения

жестко закреплялся на концентраторе магнитострикционного вибратора, который создавал продольные колебания с частотой 22 кГц. Зазор между пассивным и активным образцами составлял 10 мм, что отвечает величине зарубашечного пространства двигателя.

Активный образец имитировал втулку цилиндра, а пассивный – стенку блока. Расход воды в контуре регулировался изменением частоты вращения насоса и контролировался расходомером. Испытания образцов проводились при варьировании параметров охладительных сред от дистиллированной воды к активированной среде с разными pH. Критерием эффективности использования электроактивированной жидкости в эксперименте служила потеря массы образца за время одного опыта. Длительность одного опыта составляла 200 минут.

В табл. 1 представлены значения по каждому эксперименту.

Таблица 1. Результаты экспериментальных исследований

№ эксперимента	Жидкость	Значение pH до эксперимента	Масса активного образца до эксперимента, г	Масса пассивного образца до эксперимента, г	Значения pH после эксперимента	Масса активного образца после эксперимента, г	Масса пассивного образца после эксперимента, г	Потеря массы активного образца за время експерименту, г	Потеря массы пассивного образца за время эксперимента, г
1	Водопро-водная вода	7,35	170,01	170,02	7,2	169,87	169,96	0,14	0,06
2	Дистиллят	7	169,66	163,17	6,85	169,58	163,12	0,08	0,05
3	ЭАЖ 1*	8,55	169,58	163,12	8	169,52	163,08	0,06	0,04
4	ЭАЖ 2**	9,37	169,44	162,82	8,7	169,41	162,8	0,03	0,02

* ЭАЖ на основе водопроводной воды

** ЭАЖ на основе дистиллята

Выводы

1. Экспериментальное исследование подтвердило, что улучшение качества охлаждающей жидкости возможно за счет увеличения водородного показателя pH с 7 до 9,37 путем использования методов pH – коррекции.

2. Увеличения значения pH методом электрохимической активации позволило замедлить в 3 раза эрозийно-кавитационные процессы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жуков В.А. Научные основы повышения эксплуатационных показателей высокобортных судовых ДВС совершенствованием их охлаждения [Текст] / В.А. Жуков - докторская диссертация, Санкт-Петербург, 2012. – 427с.

2. Прилуцкий В.И. Электрохимическая активированная вода; аномальные свойства и механизм биологического действия [Текст] / В.И. Прилуцкий, В.М. Бахир. – М.; ВНИИИМТ, 1997. – 228 с.

РАЗРАБОТКА БЛОК-СХЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СУДОВОЙ ДИЗЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ С УЧЕТОМ ОСОБЕННОСТЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Стрелковская Л.А.
Херсонская государственная морская академия (Украина)

Оценка технического состояния судового двигателя, находящегося в эксплуатации, дает возможность оптимизировать режимы работы двигателя, ориентируясь на экономические показатели, экологические нормы и безопасность судоходства. Кроме этого, непрерывный контроль позволяет осуществлять своевременное выявление неисправностей, предотвращать внезапные отказы как самого двигателя, так и его компонентов. Это, в свою очередь, ведет к увеличению межремонтного интервала и снижению эксплуатационных расходов.

Автоматизированные системы способны не только проводить оценку технического состояния двигателя на основе полученных данных, но и давать рекомендации по его эксплуатации, а в отдельно оговоренных случаях и воздействовать на него.

Существуют различные подходы к построению систем автоматизированного мониторинга, контроля и регулирования, которые могут содержать как одну из перечисленных функций, так и совмещать их. Выбор той или иной схемы в целом определяется параметрами установки, которые подлежат автоматизации, требованиями к данной системе и возможностью технической реализации. С учетом этого, нами предложена блок-схема автоматизированной системы оценки технического состояния и выработки решения для судовых дизельных энергетической установок, представленная на рис. 1.

Рисунок.1. Блок-схема автоматизированной системы оценки технического состояния

Первым этапом в оценке технического состояния судового двигателя является сбор данных о его текущем состоянии путем проведения измерений структурных и функциональных параметров. При этом используются как прямые, так и косвенные методы. Особенностью такого подхода является то, что параметры, используемые для оценки технического состояния, будут носить смешанный характер. Данные, которые вводятся в систему как результат непрерывного мониторинга отдельных параметров, будут носить мелкодискретный характер, при котором временные интервалы между точками будут определяться частотой опроса датчиков аналого-цифрового преобразователя (АЦП). Данные полученные по результатам прямых измерений параметров состояния, выполняемых во время проведения технического обслуживания и ремонта двигателя, могут носить крупнодискретный характер. При этом временные интервалы между вводом новых значений, как правило, будут совпадать с графиком технического обслуживания и ремонта. В общем виде характер изменения параметров *H(t)* на входе в систему, как функция времени эксплуатации, представлен на рис.2.

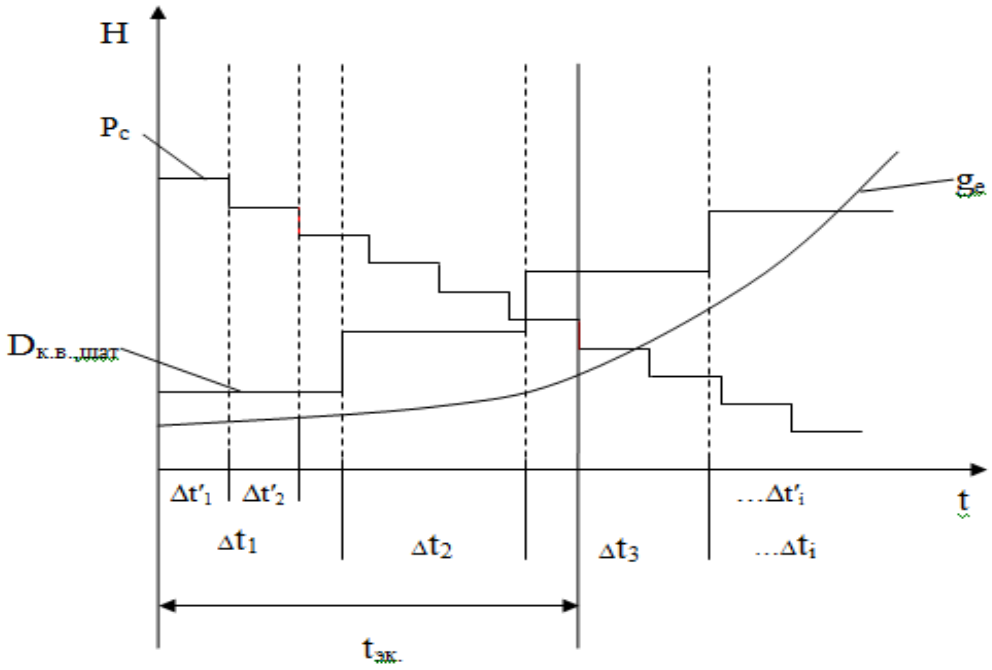


Рисунок 2. Характер изменения параметров *H(t)*

Основой предлагаемой системы является блок обработки данных оценки состояния и выработки решения, который получает информацию, обрабатывает, сортирует, накапливает данные и по заложенному алгоритму оценивает техническое состояние необходимое для принятия решения.

В том случае, если полученной информации о состоянии двигателя недостаточно в системе предусмотрена функция, позволяющая осуществлять дополнительные тестовые измерения функциональных параметров.

В зависимости от структуры существующей системы оценки технического состояния на конкретной дизельной установке, данные полученные в результате измерений могут подаваться на аналого-цифровой преобразователь двумя способами: вручную и автоматически. Возможность вводить данные вручную позволяет использовать данную автоматизированную систему на судах любого типа и года постройки.

На этапе предварительной обработки данных происходит фильтрация информации, которая поступает. При этом отсеиваются шумы, а также данные не соответствующие определенным критериям качества. Таким образом, для дальнейшей обработки остаются только полные, точные и своевременные данные, которые можно интерпретировать.

В случае если полученной информации недостаточно, осуществляется запрос к этапу сбору данных за дополнительными сведениями.

Результатом работы автоматизированной системы могут быть три возможных варианта:

1. Система имеет возможность самостоятельно воздействовать на объект, вплоть до полной остановки двигателя. Однако в данном случае необходимо учитывать тот факт, что система владеет только информацией о состоянии двигателя, а внешние факторы ей не учитываются. В таком случае существует вероятность того, что принятое ей решение может не учитывать всех требований, связанных с безопасностью судоходства.

2. Система может оказывать на объект ограниченное воздействие, в рамках установленных для нее полномочий.

3. Система только дает рекомендации по выбору работы режимов двигателя, предлагая альтернативные решения и прогнозируя последствия при их игнорировании, оставляя, таким образом, за человеком принятие управленческого решения.

Возможно также комбинирование представленных выше функций в различных состояниях.

Выводы: В предлагаемой автоматизированной системе оценки технического состояния и выработки решения в качестве входных параметров могут быть использована существующая номенклатура контрольных параметров, что дает возможность использования ее на судах любого типа и года выпуска.

Для расширения возможностей системы на автоматизированных судах могут быть использованы параметры, контролируемые штатными устройствами, при этом передача информации на систему может происходить в автоматическом режиме.

Система также допускает смешанный ввод данных, что расширяет их номенклатуру и позволяет более достоверно оценить техническое состояние двигателя и его систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Диагностирование дизелей / Никитин Е.А., Станиславский Л.В., Улановский Э.А. и др. – М.: Машиностроение, 1987. – 224 с.

2. Биргер И.А. Техническая диагностика. – М.: Машиностроение, 1978. – 240 с.

3. Судовые энергетические установки. Судовые дизельные энергетические установки учебник. Румб В.К., Яковлев Г.В., Шаров Г.И., Медведев В.В., Минасян М.А. СПбГМТУ. – СПб., 2007. – 622 с.

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ПЕРЕВОЗИМОГО ГАЗОВОЗОМ LNG ГРУЗА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ С ТЕРМОХИМИЧЕСКОЙ РЕГЕНЕРАЦИЕЙ ТЕПЛА

Чередниченко А.К., Ткач М.Р.
Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова (Украина)

Одним из основных энергоносителей является природный газ. Его доля через 20 лет будет составлять треть мирового рынка энергоносителей [1]. Несмотря на то, что трубопроводы останутся основным методом транспортировки данного сырья, к 2035 году почти половина этого энергоносителя будет транспортироваться в виде сжиженного природного газа (LNG) судами-газовозами [2].

При транспортировке LNG морем в сутки испаряется около 0,1…0,2 % объема перевозимого груза [3]. Испарившийся газ (BOG – Boil-Off Gas) может использоваться в качестве топлива в энергетической установке судна.

Перспективным направлением, позволяющим улучшить не только показатели энергоэффективности, но и экологические характеристики энергоустановок на базе тепловых двигателей есть термохимическая регенерация тепла (ТХР). В такой установке тепло отходящих газов двигателя используется для конверсии базового углеводородного топлива с теплотворной способностью $H_U^Б$ в синтез-газ, имеющий более высокую теплотворную способность H_U^C. Применительно к газовозам конверсируется испаряющийся в процессе транспортировки сжиженный природный газ.

Состав LNG варьируется в довольно широких пределах, что оказывает влияние на эффективность конверсии. В работах [4, 5] предложена классификация LNG по плотности.

Таблица 1 Характеристики LNG разного состава

Характеристики	Размерность	Тип LNG		
		Light	Medium	Heavy
Плотность	кг/м^3	427,7	445,7	464,8
Компоненты,				
Метан	%	98,0	92,0	87,0
Этан		1,4	6,0	9,5
Пропан		0,4	1,0	2,5
Бутан		0,1	0,0	0,5
Азот		0,1	1,0	0,5

Исследования методами системного анализа позволили выявить факторы, которые влияют на эффективность судовой энергетической установки газовоза LNG с утилизацией BOG в энергетической установке с ТХР. Основными факторами являются:

- температурный и массовый потенциал потоков энергоносителей сбросного тепла главных двигателей;

- зависимость прироста теплотворной способности продуктов конверсии LNG от температуры реакции $\Delta H_U = H_U^C - H_U^Б$.

Методами математического моделирования было исследовано влияние температуры реакции паровой конверсии, для указанных в табл. типов LNG, на прирост теплотворной способности. Моделирование проводилось с использованием констант равновесия основных реакций при давлении 0,1 МПа для диапазона температур 200…600 °С (рис. 1).

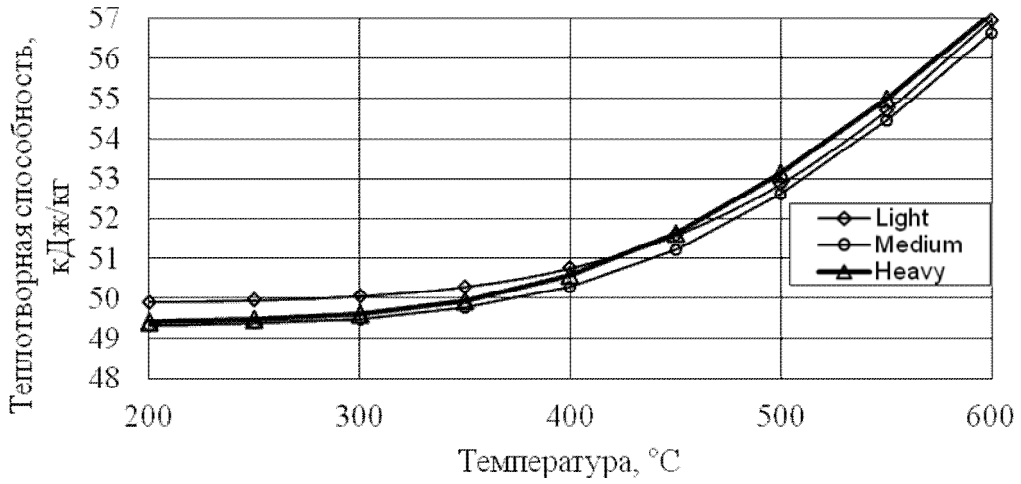


Рисунок 1 Зависимость теплотворной способности продуктов конверсии LNG разных типов от температуры реакции паровой конверсии

В работе [6] автором представлена схема комбинированной дизель-газотурбинной установки (ДГТУ) с термохимической регенерацией тепла отходящих газов ГТД путем паровой конверсии углеводородного топлива. Применительно к энергетической установке газовоза LNG грузовместимостью 266 тыс. м^3 данная схема предложена к реализации в составе газотурбинного двигателя Siemens Cyclone SGT 400 мощностью 13 МВт и трех среднеоборотных двигателей Wärtsilä 5L64 суммарной мощностью 32 МВт.

Математическое моделирование процессов в ДГТУ с ТХР показывает, что при совместной работе ГТД и ДВС на конвертируемом синтез-газе коэффициент полезного действия установки составляет 48–50% в зависимости от типа LNG. Наибольшая эффективность установки достигается при транспортировке LNG типа Heavy, что объясняется более высоким содержанием этана в газе этого типа.

Выводы. Проведенные исследование методами математического моделирования процессов показывают перспективность применения комбинированной дизель-газотурбинной установки с термохимической регенерацией тепла отходящих газов ГТД путем конверсии испаряющегося груза на газовозах LNG. Дальнейшие исследования могут быть направлены на анализ эффективности комбинированных установок с термохимической регенерацией тепла на судах, использующих в качестве топлива LNG.

ЛИТЕРАТУРА

1. BP ENERGY OUTLOOK 2035. January 2014 [Электронный ресурс] / Режим доступа: bp.com/energyoutlook#BPstats)

2. INTERNATIONAL ENERGY OUTLOOK 2014 [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://www.eia.gov/forecasts/ieo/pdf/0484(2014).pdf.

3. Głomski, P. Problems with Determination of Evaporation Rate and Properties of Boil-off Gas on Board LNG Carriers [Текст] / P. Głomski and R. Michalski // Journal of Polish Cimac, Energetic aspects, Vol. 6, No. 1, Gdańsk 2011. – pp. 133–140.

4. Benito, A. Accurate determination of LNG quality unloaded in Receiving Terminals [Текст] / A. Benito // An Innovative Approach, IGU. – Buenos Aires, 2009. – p. 1–23.

5. Dobrota, D. Problem of Boil - off in LNG Supply Chain [Текст] / D. Dobrota, B. Lalik, V. Komar // TRANSACTIONS ON MARITIME SCIENCE. – 2013, 02. – p. 91–100.

6. Чередниченко, А. К. Оценка эффективности термохимической регенерации тепла в дизель-газотурбинной энергетической установке [Текст] / А. К. Чередниченко // Научный вестник ХДМА. Херсон : ХДМА, 2014. – № 2 (11). – С. 89–96.

ПРОБЛЕМИ ВИКОРИСТАННЯ БІОГАЗУ НА ТРАНСПОРТІ

Шаповалов Ю.О., Коробєйнікова Н.В.
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова (Україна)

Біогаз – загальна назва горючої газової суміші, одержуваної при розкладанні органічних субстанцій в результаті анаеробного мікробіологічного процесу (метанового бродіння). В процесі бродіння відбувається виділення біогазу, який містить 40…70 % метану, 30…60 % вуглекислого газу, біля 1 % сірководню і невелику кількість азоту та водню. Об'ємна теплота згоряння визначається в основному вмістом CH_4 та складає біля 22 МДж. Біометан – це газове паливо, отримане шляхом глибокої переробки біогазу шляхом видалення з нього CO_2 та інших домішок, з метою поліпшення роботи двигунів внутрішнього згоряння автотранспортних засобів – основних споживачів біометана.

У всьому світі виробництву біометана приділяється величезна увага (США, країни Західної Європи, Китай тощо), так як він вважається паливом майбутнього, адже це паливо, що добувається практично з нічого, а скоріше з того, що становить велику загрозу для людства – з відходів. Біометан є високоефективним пальним для транспортних засобів.

Другим за ефективністю видом пального є BtL (біомаса, перетворена на рідину), відоме також як пальне другого покоління. Щоправда технологія виробництва BtL ще не розвинена настільки, щоб стати економічно виправданою. Біометан, в свою чергу, може вже сьогодні застосовуватися в усіх автомобілях на природному газі без значних технічних модифікацій. Крім того, побічні продукти виробництва біопального першого покоління (біоетанол, біодизель та ріпакове масло) використовуються для виробництва біометану, що значно збільшує діапазон застосування біопалива першого покоління.

Досвід роботи з газовими двигунами, що використовують біогаз в якості палива, є на різних підприємствах з очищення стоків, де двигуни служать для приводу вентиляційних установок і генераторів, як правило, великої потужності.

Для перевезення газу необхідно високе його стиснення, щоб можна було запасати в балонах необхідну кількість цього палива. Але таке застосування біогазу є неекономічним, по-перше, через необхідність у багатоступеневій компресорній установці, по-друге, через дуже жорсткі вимоги до техніки безпеки. Це означає, що сьогодні мова може йти про застосування газу тільки в стаціонарному газовому двигуні низького тиску, наприклад, для приводу вентиляторів, насосів, транспортерів, генераторів та ін.

Біогаз має октанове число 100 ($ROZ > 100$; $CZ < 10$; метанове число 135), тобто він добре підходить для двигунів з високим ступенем стиснення, але має дуже низьку здатність до самозаймання. Звичайна ступінь стиснення – від 8 до 11. В основному мова може йти про використання газу в одному з двох циклів згоряння, характерних для газових двигунів: у газовому циклі Отто (з іскровим запалюванням) і газодизельному циклі (з впорскуванням невеликої дози запального дизельного палива).

Звичайні двигуни, що працюють за циклом Отто (карбюраторні двигуни), відносно легко перевести на газ: досить лише замінити карбюратор на змішувач (так переобладнують в окремих випадках двигуни легкових і малих вантажних автомобілів).

Дизельні автомобілі найчастіше не переводяться повністю на газ, оскільки в такому разі довелося б серйозно модифікувати сам двигун. Зазвичай встановлюється гібридний газодизельний варіант. У циліндри подається біогаз, але в кінці такту стиснення надходить також невелика порція дизельного палива. Вона підпалює газ, який не може самостійно спалахнути від стиснення. У циліндрах перед займанням знаходиться приблизно 70 % біогазу і 30 % дизельного палива. Така пропорція зберігається при їзді по заміським трасам. При русі автомобіля на низьких передачах (режим, характерний для міста), співвідношення газу і дизельного палива змінюється в зворотному порядку. Крім прямої економічної вигоди є і ряд інших переваг газобалонного обладнання (ГБО). Перш

за все, ГБО є всього лише додатковою системою і не вимагає глобальної переробки двигуна. Поряд з цим, воно дозволяє використовувати як газ, так і традиційні види палива в одному автомобілі. Значно збільшується і запас ходу, оскільки машина оснащена паливним баком і одним або декількома газовими балонами. Газ набагато менше забруднює масло в двигуні, і заміну масла можна проводити рідше. Приблизно на 70 % знижується викид шкідливих речовин в атмосферу. Газоповітряна суміш зменшує утворення нагару на поршнях і голівці блоку циліндрів. Збільшується і термін служби свічок. Але для зменшення пошкоджень від корозії необхідно видаляти з біогазу H_2S. Оскільки газ має високе октанове число, він не викликає в двигуні детонаційні процеси. Автомобіль з ГБО працює тихіше. На газодизельних автомобілях спостерігається підвищення потужності і досягнення максимального крутного моменту на більш низьких обертах, що важливо для вантажівок великої вантажопідйомності [1, 2].

Переведення на газ тягне за собою зменшення потужності двигунів. Відповідні цифрові показники дещо коливаються і досягають у сумі 30 % (з дизельного на природний газ – близько 20 %; з природного газу на біогаз – близько 10 %). Мінімально допустимий тиск біогазу, що надходить у двигун, повинен складати не менше 0,4 кПа. Питома витрата палива при роботі на біогазі (60 % метану) при повному завантаженні двигуна складає близько 0,65 $м^3$/(кВт·год), Виходячи з цього, для безперервної роботи двигуна потужністю 50 кВт потрібно 32,5 $м^3$ біогазу на годину, за умови, що 1 $м^3$ біогазу відповідає приблизно 0,5 кг дизельного палива. Чистота біогазу сприяє суттєвому зменшенню зносу двигуна в порівнянні з роботою за дизельним циклом. За наявними даними, щорічні витрати на технічне обслуговування та ремонт газових двигунів становлять близько 1 % від їх вартості.

Вигоди від виробництва і застосування біометана:

− зниження енергетичної напруженості в країнах, де відсутні природні джерела енергії;

− вирішення проблем з утилізацією органічних відходів;

− різке зниження концентрації шкідливих речовин у вихлопних газах автомобілів;

− збільшення терміну служби двигунів внутрішнього згоряння автомобілів, за рахунок незмивною масляної плівки .

З 2002 року біопаливо звільнено від сплати податків, завдяки чому забезпечується необхідна база для проектування та будівництва біогазових заправних станцій. Витрати на підготовку біогазу є частиною витрат на системи подачі. Додаються і підвищені витрати на компресію біометана до необхідного ступеня тиску [3].

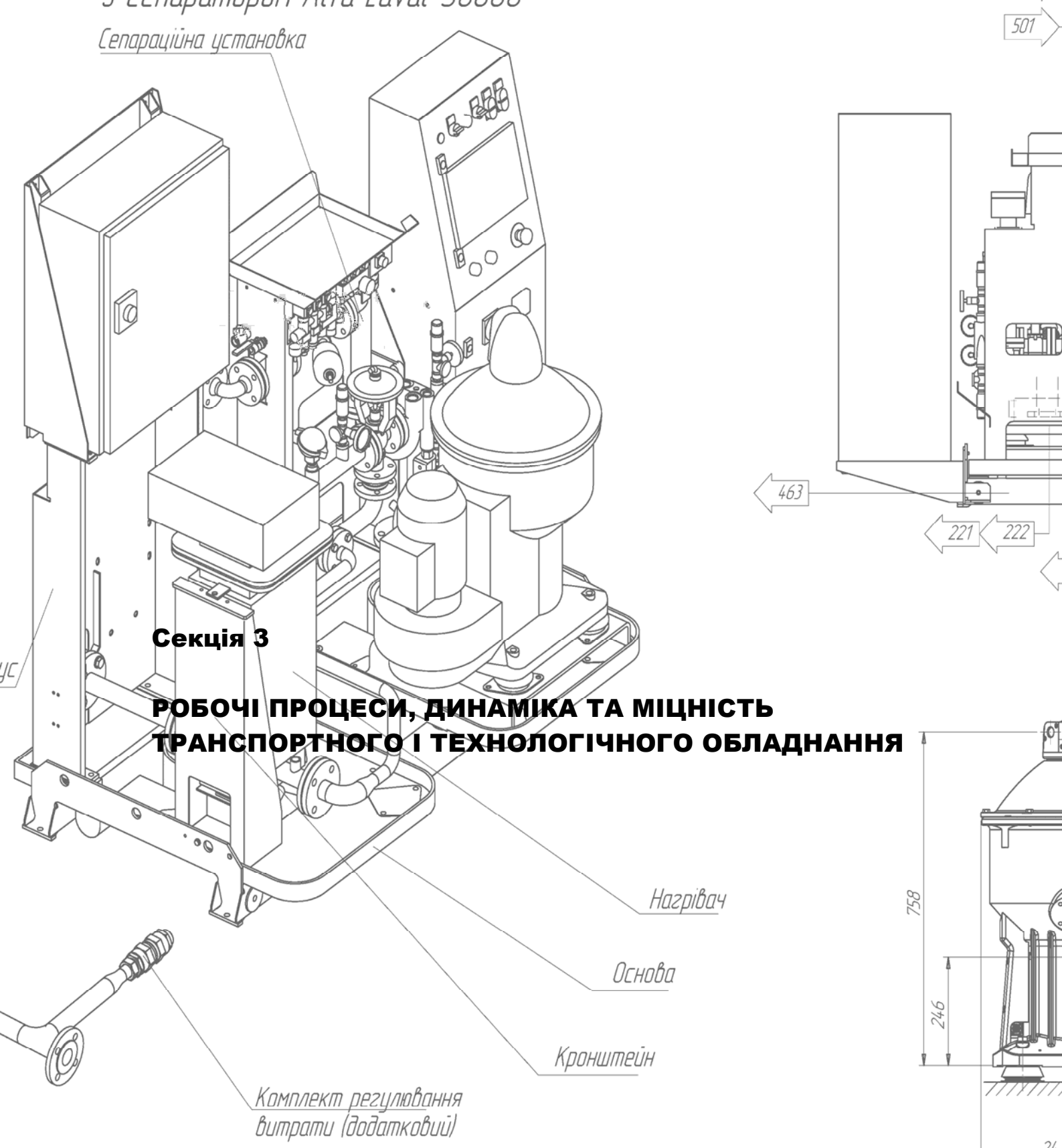
Висновок. Таким чином, виробництво та використання біогазу є перспективною галуззю поряд з виробництвом біодизеля та біоетанолу, яка дозволяє зменшити енергозалежність нашої держави, створити нові робочі місця, вирішити проблеми утилізації відходів, зокрема тваринництва, покращити екологічну ситуацію. При чому його виробництво може бути найдешевшим через низьку собівартість сировини і наявність можливостей побудови біогазових установок у кожному регіоні, якщо виникне така необхідність.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карпенко В.И. Биотехнология в сельском хозяйстве и промышленности / В.И. Карпенко, Н.В. Реутская, Т.А. Игнатова // Сб : Технологическая биоэнергетика. – 1988. – Вып. 3. – С. 97.

2. Карпенко В.І. Перспективи отримання палива з використанням природних і штучно створених біосистем / В.І. Карпенко, Д.В. Чернишенко // Україна: людина, суспільство, природа: міжнародна наукова студентська конференція: тези доп. – К.: ВД "Києво-Могилянська академія", 1995. – С. 25.

3. Баадер В. Биогаз: теория и практика / В. Баадер, Е. Доне, М. Бренндерфер; [Пер. с нем. М.И. Серебряного]. – М.: Колос, 1982. – 148 с.



Секція 3

РОБОЧІ ПРОЦЕСИ, ДИНАМІКА ТА МІЦНІСТЬ ТРАНСПОРТНОГО І ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

ОСНОВНІ ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

одвигуна (60 Гц) – 6,4 кВт;
ення – 3,357;
ішній діаметр барабана – 208,5 мм;
ь барабана – 12086 хв$^{-1}$;
ь електродвигуна – 3600 хв$^{-1}$;
сть при запуску – 6,4 кВт;
сть на холостому ході – 2,6 кВт;
– 100...120 с;

Максимальна гідравлічна продуктивність барабана – 5,5 м^3/год;
Об'єм рідини у барабані – 1,8 л;
Фіксований об'єм вивантаження – 1,6 л;
Об'єм осаду ефективний/повний – 0,23/0,74 л;
Об'єм змащувального мастила – 1,7 л;
Звуковий тиск – 76 дБ;
Маса приводного двигуна – 58 кг;
Маса барабана – 35 кг;
Маса повного барабану – 315 кг.

ДО ПИТАННЯ ОБЛІКУ ВИТРАТ ПАЛИВА АГРЕГАТАМИ НАФТОГАЗОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ТРАНСПОРТУ

[1]Богатчук І.М., [1]Прунько І.Б., [2]Богатчук М.І.
[1]*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу (Україна)*
[2]*Центр нормативно-економічних досліджень ПАТ "Укрнафта" (Україна)*

В народному господарстві держави експлуатуються сотні видів технологічного устаткування яке встановлене на шасі автомобіля працює на бензині або дизельному паливі має різне функціональне призначення від відкачування фекалій до видобутку нафти і газу.

В нафтогазовому комплексі експлуатуються десятки видів технологічного устаткування, яке встановлене на шасі автомобіля. Всі ці установки, приводяться в дію за допомогою ДВЗ і працюють на бензині або дизельному паливі. Значна частина агрегатних установок мають привід від тягового двигуна автомобіля, а частина має змонтований на шасі автомобіля [1].

В роботі показана актуальність обліку витрат палива та його вплив на паливозаощадження при експлуатації нафтогазового технологічного транспорту (НГТТ).

Нормативно-технічною документацією і галузевими нормативами витрати палива, в основному, встановлені на 1 годину роботи агрегату чи установки НГТТ.

Практичний досвід показує, що більш точним метод визначення витрат палива буде при його розрахунку за виконану роботу, а не за годину роботи установки (агрегату), тому що один і той же агрегат, в залежності від режимів експлуатації, тобто професійності машиністів (операторів) за годину роботи може мати різну продуктивність.

Документом [2] передбачено, що якщо в технічній документації заводу-виробника спеціального обладнання відсутні норми або технічні дані, необхідні для їх розрахунку, в такому випадку комісією проводяться контрольні заміри витрати палива.

Нормативні витрати палива для спецавтомобілів, які виконують спеціальні роботи під час стоянки, визначають так:

$$Q_н = 0{,}01 \cdot H_s^c \cdot S \cdot (1 + 0.01 \cdot \sum K) + H_{об} \cdot T_{об} \cdot (1 + 0{,}01 \cdot \sum Kc),\ \text{л}\ (\text{м}^3) \qquad (1)$$

де H_s^c – базова лінійна норма витрати палива на пробіг спеціального автомобіля, л/100 км (м^3/100 км);

S – пробіг автомобіля, км;

ΣK – сумарний коригуючий коефіцієнт до лінійної норми, %;

$H_{об}$ – норма витрати палива на роботу спеціального обладнання, л/год, або літри на виконану операцію (заповнення цистерни тощо);

$T_{об}$ – час роботи обладнання, години або кількість виконаних операцій;

ΣK_c – сумарний коригуючий коефіцієнт до норми на роботу спеціального обладнання, %.

Однак ця формула прив'язана до коригуючого коефіцієнту, який для різних режимів експлуатації буде коливатись в широких межах [3].

Аналіз існуючих методик обліку витрат палива дозволяє зробити наступні висновки: діючий облік палива не дає бажаних результатів, так як не враховує реальну потужність, яку споживає агрегат і дійсну витрату палива на виконану роботу.

Вищенаведене можна усунути шляхом запису робочих параметрів агрегату: робочих тисків, які створює агрегат; подачу агрегату; число оборотів двигуна; включену передачу , на якій працює агрегат.

За рахунок вмілого використання вище перерахованих експлуатаційних чинників дозволить машиністу економити паливо при цьому збільшуючи час виконання операції.

Питання економії палива можна вирішити як організаційним так технічними засобами. Організаційними: висока свідомість машиністів і професіоналізм. Технічними забезпечення агрегатів засобами реєстрації параметрів роботи агрегату: робочий тиск насосних агрегатів, число оборотів кривошипного вала насоса і кількість двійних ходів плунжерів, час роботи та інше.

Всі ці параметри подаються на обчислювально-диференційний блок, які обробляє отримані дані і видає результат витрат палива за виконану роботу.

Кафедра нафтогазового технологічного транспорту Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу має можливість розробити тимчасові і базові норми витрат палива на агрегатні установки різного типу, які експлуатуються в нафтогазовій та інших галузях.

ЛІТЕРАТУРА

1. Нефтепромысловое оборудование: Справочник. Под ред. Е.И. Бухаленко. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1990. – 559с.

2. Норми витрати палива і мастильних матеріалів на автомобільному транспорті (друга редакція). Наказ Мінтрансу України від 16.02. 2004р. №99.- Мінтранс України, ДП ”ДЕРЖАВТОТРАНСНДІПРОЕКТ”, Київ, 2004. – 72с.

3. Богатчук І.М., Клюфінський Р.Я., Богатчук Л.О. До питання паливозаощадження на нафтогазовому технологічному транспорті. Науково-технічний журнал «Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ», 2010, №2 (35). – с. 129-135.

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ СУДНОМ В УМОВАХ ОБМЕЖЕНОЇ ВИДИМОСТІ

Заїченко Є. Г., Тимофеєв К.В., Рожков С.О.
Херсонська державна морська академія (Україна)

Проблема забезпечення безпеки мореплавання особливо актуальна для районів з інтенсивним судноплавством. Для її вирішення, як відомо, зараз використовуються системи управління рухом суден (СУРС/VTS — Vessel Traffic Services). СУРС є складним комплексом стаціонарних технічних споруд поблизу берегових служб. Основні недоліки сучасних СУРС — стаціонарність розміщення, прив'язка до берегових служб конкретного району, громіздкість, складність процедур управління, що вимагають дорогого спеціалізованого устаткування і розвиненої інфраструктури енергопостачання.

Разом з тим є ряд характерних проблем, які не потрапляють в сферу діяльності сучасних СУРС і створюють реальну проблему судноплавству:

− маломірний флот – яхти, малі риболовецькі судна, човни, катери і інші плавальні засоби, зосереджені в портових зонах;

− видалені морські і прибережні райони промислу біоресурсів, що спонтанно виникають в путину, місцеположення рибних скупчень, що переміщаються і заважають судноплавству на традиційних транспортних шляхах;

− райони здобичі природних копалин в прибережному шельфі, в яких судноплавство характеризується підвищеним ступенем екологічного ризику, і де розгортання стаціонарних служб СУРС економічно невиправдано або неможливо;

− середні і дрібні портові райони з недостатньо розвиненою виробничо-господарською інфраструктурою, що не мають достатньої потужності для підтримки працездатності СУРС [1].

Ситуація істотно погіршується в умовах обмеженої видимості. Термін "обмежена видимість" означає будь-які умови, при яких видимість обмежена із-за туману, мли, снігопаду, сильної зливи, піщаної бурі або по яких-небудь іншим подібним причинам. [2]

У морській практиці, виходячи з дальності видимості бортових вогнів суден завдовжки 50 м і більш, видимість вважається обмеженою при зменшенні її до 3-х миль. Встановлені на судні звукосигнальні пристрої дозволяють йому в обмежену видимість оповіщати інші судна про свою присутність подачею спеціальних сигналів згідно правилу 35 МППС-72 [2].

Дальність чутності суднового свистка залежить від його технічних характеристик. Щоб забезпечити достатньо велику різноманітність характеристик свистків, їм залежно від довжини судна L встановлені основні частоти в межах:

L>200м – 70 – 200 Гц; 75<L<200м – 130 – 350 Гц; L<75м – 250 – 700 Гц.

Дальність візуальної видимості, при якій вперше виникає необхідність в зменшенні швидкості, залежить від багатьох чинників, які враховуються для переважаючих обставин і умов. За відсутності скупчення суден (наприклад, у відкритому морі) відносно висока швидкість може бути виправдана, якщо цілком можна довіряти ефективній роботі РЛС і двигуни знаходяться в готовності до негайного маневру.

Можливості і методи виконання маневру при хорошій і обмеженій видимості істотно розрізнятимуться. Завчасний маневр, коли судна знаходяться на виду один у одного, може бути таким, що суттєво запізнюється в умовах обмеженої видимості. У обмежену видимість рух судна сприймається тільки через характер зміни ЛОД на екрані РЛС.

Станція радіолокації видає інформацію через деякий час після її обробки. До того ж, ще потрібний час на те, щоб бути упевненим в достовірності інформації. На практиці на це йде до 2–3 хвилин. На сучасних суднах тільки радіолокатор дозволяє судноводієві

«бачити» обстановку на водній поверхні і отриману через прилад інформацію обробляти в ручному режимі або за допомогою САРП.

Крім тимчасової затримки отримання даних, РЛС в окремих умовах обмеженої видимості може давати недостовірну інформацію внаслідок специфіки розповсюдження радіохвиль через щільні шари зливи, піщаної бурі, сильного снігопаду.

З метою підвищення безпеки мореплавання в умовах обмеженої видимості пропонується доповнити інтелектуальний інформаційно-навігаційний комплекс судна технічними засобами візуального та сигнального спостереження. Модифіковану узагальнену інфраструктуру автоматизованої системи управління рухом судів морського порту на базі інтелектуальної платформи показано на рисунку 1.

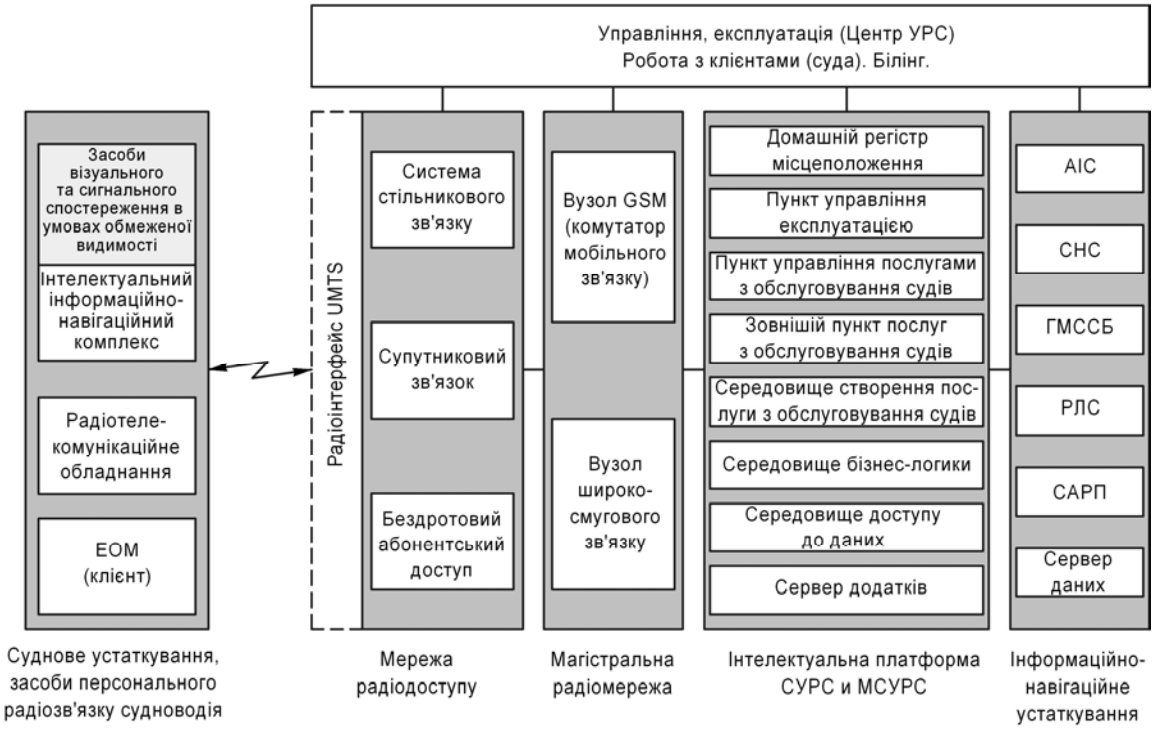


Рисунок 1. Модифікована інфраструктура автоматизованої системи управління рухом суден морського порту: РЛС – станція радіолокації; САРП – система автоматичної прокладки радіолокації; AIC – автоматична інформаційна (ідентифікаційна) система; СНС – супутникова навігаційна система; ГМССБ – глобальна морська система зв'язку при лиху.

З метою реалізації засобів візуального та сигнального спостереження на судні в умовах обмеженої видимості необхідна детальна розробка запропонованих засобів автоматизації, моделювання їх роботи та інтеграція в судновий інтелектуальний інформаційно-навігаційний комплекс.

Запропонована модифікація інфраструктури автоматизованої системи управління рухом суден морського порту дозволить суттєво підвищити безпеку мореплавання в умовах обмеженої видимості.

ЛІТЕРАТУРА

1. Борисова Н. Ф. Интеллектуальные технологии для обеспечения безопасности судоходства / Н. Ф. Борисова, Д. А. Скороходов, А. Л. Стариченков // Транспорт Российской Федерации. – 2010. – № 1 (26). – С. 32-34.

2. Международные правила предупреждения столкновений судов в море 1972 (МППСС-72). –М.: РКонсульт, 2004. – 80 с.

ДІАГНОСТИКА ТА НАДІЙНІСТЬ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК ПРИ НЕСТАЦІОНАРНИХ РЕЖИМАХ РОБОТИ

Кіндрачук М.В., Нечипорук В.В., Мельник В.Б.
Національний авіаційний університет (Україна)

Вступ. Найбільш важливою задачею при експлуатації енергетичних агрегатів є попередження відмов, які в деяких випадках можуть призвести до значних матеріальних збитків і навіть катастроф. Особливо актуальною задачею загальної проблеми надійності є задача контролю показників надійності виробів, що працюють в нестаціонарних режимах – в умовах змінних вібраційних та ударних навантажень, різких перепадів температури чи не стабільного значення номінальної напруги.

Актуальність досліджень. Одним із методів підвищення надійності роботи енергетичних установок є технічна діагностика з використанням сучасних інформаційно-вимірювальних систем, які служать для здійснення функцій контролю, діагностики та керування. На вхід таких систем надходить інформація від датчиків, яка за своєю фізичною природою може бути стаціонарною або нестаціонарною. З задачею обробки випадкових сигналів явної фізичної нестаціонарності часто мають справу в радіотехніці, акустиці, теорії надійності.

Успішна обробка інформаційних сигналів такого виду можлива лише за наявності досконалої математичної моделі досліджуваного процесу. Обробка нестаціонарного сигналу, зареєстрованого датчиками, починається з дослідження класу процесів які можна стаціонаризувати та вибору математичного апарату, який за даних умов забезпечив би можливість здійснювати обробку інформаційних сигналів нестаціонарної природи відомими класичними статистичними методами. Така задача часто зустрічається в багатьох роботах по обробці результатів вимірювань. Прикладами таких робіт є роботи Ф.Б. Гріневича, П.П. Орнатського, С.Г. Таранова, О.Ф. Фоміна, М.П. Цапенка та ін.

Однак розробка простих методів стаціонаризації для таких процесів як кусково-стаціонарний, періодичний, кусково-однорідний та процесів, щільність розподілу яких залежить від параметрів положення та масштабу досліджена недостатньо.

Варто звернути увагу на те, що діючі на даний час Державні стандарти в області надійності не регламентують процедур розрахунку та планування випробувань в нестаціонарних умовах. Наприклад, ДСТУ 2860–94, ДСТУ 27001–95, ДСТУ 27.301–95 та ін.

В більшості випадків обробку зафіксованої статистики здійснюють базуючись на припущенні про стаціонарність отриманої інформації. Подібне припущення часто приймається без належного доведення того, що зменшення обсягу діагностичної інформації суттєво не вплине на результати аналізу. Однак практичні дослідження показують, що найбільш інформативними є якраз нестаціонарні режими.

Постановка задачі. На сьогодні не існує досконалого математичного апарату дослідження поведінки таких виробів та систем. Пропонована методика дає можливість використовувати значно більшу кількість інформативних параметрів при побудові статистичних оцінок, підвищити достовірність прогнозу, а також поширити методи розрахунку та планування випробувань за відомими методами.

Результати досліджень. При обробці нестаціонарних сигналів можна піти шляхом стаціонаризації інформаційних сигналів, якщо наперед відомо характер їх нестаціонарності. А це вимагає пошуку і вивчення певних класів математичних моделей нестаціонарних випадкових вимірюваних сигналів для яких в принципі можливо провести стаціонаризацію, а також і відповідних методів її успішної реалізації. Зупинимося на одному класі таких процесів.

Дві щільності $p_1(x)$ та $p_2(x)$ належать до одного типу коли між ними існує співвідношення

$$p_1(x)=\frac{1}{\sigma}p_2\left(\frac{x-m}{\sigma}\right),\ \sigma>0, \tag{1}$$

m – параметр **положення**; σ – параметр **масштабу**.

Такий клас (тип) будемо називати класом процесів, що характеризуються положенням і масштабом. Наприклад, рівномірний розподіл, гауссівський розподіл, показниковий розподіл, розподіл арксинуса, розподіл Вейбулла, розподіл Релея, розподіл Ерланга.

Так для випадкової величини ξ, що рівномірно розподілена на відрізку $[a,b]$

$$p(x)=\frac{1}{b-a}I_{[a,b]}(x), \tag{2}$$

де I – індикаторна функція.

Індикаторна функція визначається так

$$\mathrm{I}_A(t)=\begin{cases}0, & t\notin A,\\ 1, & t\in A,\end{cases} \tag{3}$$

де A – деяка множина моментів часу, що належить деякій системі множин, а t – число яке характеризує час, взятий з множини, на якій задається процес.

Для цього закону $m=\frac{b-a}{2}$, $\sigma=\frac{b-a}{\sqrt{12}}$, нормовані відхилення $\frac{(\xi-m)\sqrt{12}}{(b-a)}$, а щільність $\hat{p}(x)=\frac{\sqrt{12}}{b-a}p_\xi\left(\frac{x-\frac{b-a}{2}}{b-a}\sqrt{12}\right)$.

Таким чином, якщо для кожного відліку ξ_t нестаціонарного процесу, що характеризується положенням і масштабом зробити перехід до нового процесу згідно $\frac{(\xi_t-m_t)\sqrt{12}}{b_t-a_t}$, то отримаємо стаціонарну модифікацію з нормованим рівномірним розподілом. Множник $\frac{\sqrt{12}}{b_t-a_t}$ – є масштабним множником з неперервним часом для даного випадку.

Висновок. Використання наведеної методики дозволяє підвищити достовірність висновків відносно надійності технічного обладнання за рахунок урахування моделі кусково-стаціонарних процесів які отримуються від об'єктів дослідження і характеризуються параметрами положення і масштабу. А також дозволяє більш глибоко провести планування випробувань виробів і систем на надійність у випадку коли відомо, що технічне обладнання працює в умовах кускової стаціонарності. Розширює можливості застосування класичних методів та послідовного аналізу які уже добре розроблені для стаціонарних режимів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Половко, А. М. Основы теории надежности / А. М. Половко. – М.: Наука, 1964. – 87 с.

2. Рябинин, И. А. Надежность судовых электроэнергетических систем и судового электрооборудования / И. А. Рябинин, Ю. Н. Киреев. – Л.: Судостроение, 1974. – 264 с.

3. Ширяев, А. Н. Вероятность / А. Н. Ширяев. – М.: Наука, 1980. – 576 с.

4. Бабак, В. П. Теорія ймовірностей, випадкові процеси та математична статистика / В. П. Бабак, Б. Г. Марченко, М. Є. Фриз. – К.: "Техніка", 2004. – 287 с.

5. Нечипорук, В. В. Стаціонаризація кусково-нестаціонарних пуассонівських процесів відмов / В. В. Нечипорук // Технічна електродинаміка. Проблеми сучасної енергетики. – 2004. – Частина 6. – С. 115-118.

ДИНАМІЧНА ЯКІСТЬ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ З РОБОЧИМИ ОРГАНАМИ ЗМІННОЇ ЖОРСТКОСТІ

[1]Кузнєцов Ю.М., [2]Дмитрієв Д.О., [2]Костерний О.С.
[1]*Національний технічний університет України «КПІ» (Україна)*
[2]*Херсонський національний технічний університет (Україна)*

Успіх створення будь-якого нового технологічного обладнання ґрунтується на всебічній оцінці очікуваних технічних показників, зокрема, для верстатного обладнання основними характеристиками є динамічні властивості. Однак для такої оцінки необхідно враховувати динамічну складову сили різання, що змінює власне значення і напрям у часі, жорсткість технологічної системи в конкретній точці робочого простору, інерційні властивості та демпфування [1, 3]. Багатокоординатне металообробне обладнання з механізмами паралельної структури (МПС), побудоване із застосуванням замкнених шарнірно-стрижневих кінематичних ланцюгів як просторових ферм змінної форми має змінну жорсткість робочого органу (РО) [2, 4]. Тому постає проблема визначення динамічної якості компонувань верстатів з МПС в залежності від складності технологічних рухів і переходів та необхідних стратегій обробки, що обумовлені геометрією оброблюваних поверхонь узгоджених з конструкцією МПС і його розташуванням в компоновці верстату.

В даній роботі запропоновано підхід побудови динамічного відгуку за набором заданих складних технологічних умов обробки різанням і спрямованого проектування компоновок обладнання з МПС. Дана методика використовує в якості вхідних даних результати попередніх вимірювань статичних показників однієї компоновки-прототипа (макету обладнання) з подальшим теоретичним визначенням областей рішень і варіацією усіх динамічних змінних для створення інших нових компоновок обладнання із заданими вібраційними властивостями (рис. 1, а). Запрограмовано математичну модель динамічної системи [4] обладнання нових компоновок і створено програмний модуль «Tools App» з власним інтерфейсом [5]. Програма виконує функції по розрахунку величин складових зусилля за технологічними режимами обробки, величини переміщення робочого органу (рис. 1, б) та визначення динамічних характеристик за ортогональними осями, визначення величини загального переміщення РО у просторі враховуючи крутильні коливання (рис. 1, в). Передбачено можливість знаходження часу стабілізації системи при дії змінного навантаження (рис. 1, г). Програма надає можливість дослідження динамічних похибок при обробці деталей складної форми, де з'являються періодичні ударні навантаження, тобто деталі з виступами, пазами, та полігональні. У програмі «Tools App» значення складових зусилля різання по координатних осях задається у якості аналітичних залежностей.

Основою підходу є аналіз динамічних образів компоновок обладнання з МПС по заданим комбінованим технологічним допоміжним і робочим переходам, що збурюють механічні коливання із керованою зміною швидкості, прискорення і сил та моментів, що навантажують РО, за якими складається база даних динамічних показників. За даними моделювання визначаються імовірні маси ланок РО, демпфуючі властивості окремих вузлів і конструкції в цілому. Надалі обирають необхідну компоновку верстату і розміри РО, при необхідності може бути виконано перевірку методом кінцевих елементів у сучасних "важких" CAE системах або проведені експериментальні вимірювання аналізаторами спектра вібрацій.

За допомогою «ToolsApp» визначено вібропереміщення, віброшвидкість, віброприскорення, власні частоти і числові значення коефіцієнтів демпфування та динамічні особливості обладнання з МПС за умов роботи з циклічними вібраційними навантаженнями.

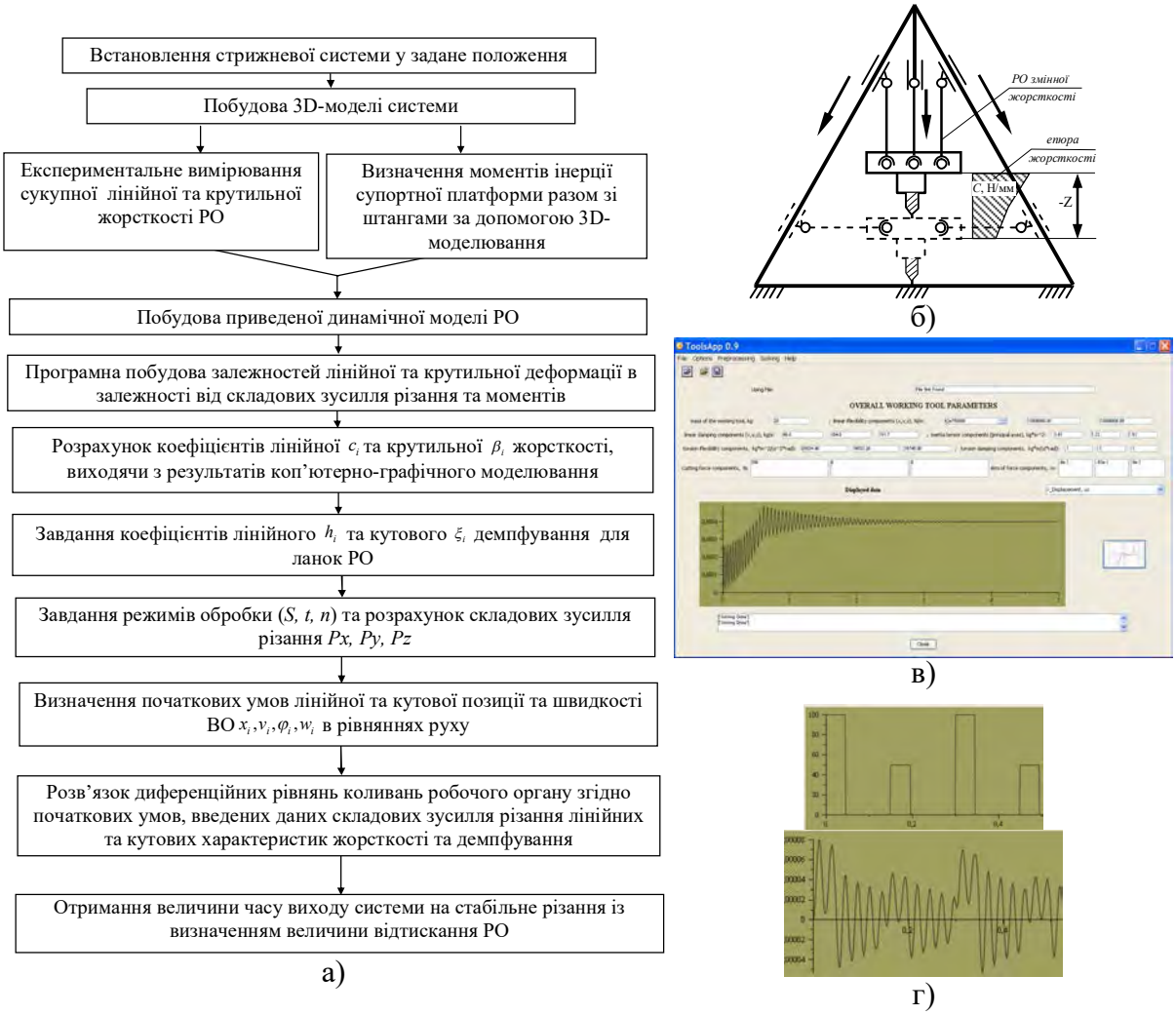


Рисунок 1. Приклад динамічної оцінки РО змінної жорсткості: а) – послідовність визначення динамічних параметрів РО; б) – схема і циклограма переміщення РО; в) – результат моделювання (часова реалізація коливального процесу при русі РО по координаті Z); г) – коливання РО при імпульсному навантаженні РО.

Описані процедури суттєво скорочують час проектування нового обладнання з МПС за рахунок інтерактивного моделювання динамічних властивостей на рівні способу обробки без завдання конструктивних особливостей верстату.

ЛІТЕРАТУРА

1. Внуков Ю.Н., Кучугуров М.В., Дядя С.И., Зинченко Р.Н., Гончар Е.А. Способ и устройство для исследования регенеративных автоколебаний при точении (http://www.zntu.edu.ua/publikaciyi-kafedri-3)

2. Кузнецов Ю.Н. Токарный суппорт – гексаглайд: жесткость и динамика. /Ю.Н. Кузнецов, Д.А. Дмитриев, М.И. Подольский.// Труды международной научной конференции. Габрово, 2012, том 2, стр 69-74.

3. Струтинський В. Б. Динамічні процеси в металорізальних верстатах: монографія/ В. Б. Струтинський, В. М. Дрозденко// – Київ : Основа-Принт, 2010. – 440 с.

4. Русанов С.А., Кузнєцов Ю.М., Подольский М.І., Дмитрієв Д.О. Методика визначення динамічних характеристик верстата з стрижневою супортною системою/ С.А. Русанов , Ю.М. Кузнєцов, М.І. Подольский, Д.О. Дмитрієв // Вісник ХНТУ: Херсон. - № 3(50), 2014. – С.442-451.

5. Русанов С.А., Дмитрієв Д.О., Подольский М.І., Кузнєцов Ю.М. Свідоцтво № 57913 від 29.12.2014 "Компютерна програма "ToolsApp"

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ МЕТАЛЛОГРАФИТОВЫХ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ

[1]Лабарткава А.В., [2]Матвиенко М.В.
[1]*Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова (Украина)*
[2]*Херсонский филиал Национального университета кораблестроения имени адмирала Макарова, (Украина)*

Среди широкого ассортимента графитовых материалов различного назначения большую группу составляют антифрикционные материалы, которые обладают низким коэффициентом трения в паре со сталью, чугуном и другими материалами, а также свойством самосмазываемости. Способность графита переносить высокие нагрузки при термических ударах и в агрессивных средах позволяет решить ряд сложных проблем, связанных с работой узлов трения в изделиях общего, судового и химического машиностроения [1]. Например, на рис. 1 показан подшипник скольжения, состоящий из двух частей: внутренней двухслойной втулки с наружным графитовым слоем и наружной с внутренним графитовым слоем. Проблема изготовления таких узлов заключается не только в получении качественного паяного соединения, но и в сохранении целостности узла после охлаждения в результате формирования значительных собственных напряжений [2]. Поэтому целью работы являлось установление особенностей напряженного состояния узлов метало–графитового подшипника, полученных пайкой и определение оптимальных размеров стальных и графитовых втулок, обеспечивающих минимальные остаточные напряжения.

Рисунок 1. Общий вид паянных двухслойных втулок с наружными и внутренними графитовыми слоями

Методом компьютерного моделирования с использованием программного комплекса ANSYS исследовались два типа узлов: двуслойная втулка с наружным графитовым и внутренним стальным слоями (мод. 1) и двуслойная втулка с внутренним графитовым и наружным стальным слоями (мод. 2). В обеих моделях толщина стального слоя b_1 изменялась от 3 до 8 мм, соответственно изменялась толщина графитового слоя b_2 так, чтобы сумма толщин b_1+b_2 оставалась постоянной и равной 12,5 мм. Внутренний радиус r у модели 1 и модели 2 оставался неизменным и равнялся 20 и 32,5 мм соответственно. Высота h в обоих моделях оставалась неизменной и равнялась 30 мм. Учитывая свойства широко используемых медных припоев в качестве нагружения рассматривалось охлаждение с 700 до 20 °С.

Анализ результатов показал, что при охлаждении после пайки двухслойных втулок из стали и графита, вероятность образования трещин в графите для узла типа 1 достаточно велика. Поэтому целесообразно использовать графит наиболее прочных марок, а также применять припои с более низкой температурой пайки. При выборе соотношения толщин соединяемых слоев в узле типа 1 толщину графита следует по возможности уменьшать, в узле типа 2 оптимальной является одинаковая толщина слоев.

ЛИТЕРАТУРА

1. Юдицкий Ф.Л. Графитовые подшипники в судовом машиностроении / Ф.Л. Юдицкий, А.П. Воронковская // Л.: Судостроение, 1967. – 182 с.

2. Машиностроение. Энциклопедия. Технология сварки, пайки и резки. Т.III–4 / В.К. Лебедев, С.И. Кучук-Яценко, Я.И. Чвертко и др.; под ред. Б.Е. Патона// М.: Машиностроение, 2006. – 768 с.

АНАЛИЗ ПРИЧИН ПОЛОМОК КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ ГАЗОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ JENBACHER 420

[1]Литвин С.Н., [2]Грабовенко А.И., [2]Манзюк В.Н.
[1]*ООО «Мотортех» (Украина)*
[2]*Первомайский политехнический институт Национального университета кораблестроения имени адмирала Макарова (Украина)*

На газовых двигателях достаточно часто происходят аварии по причине выхода со строя коленчатого вала, не исключение и двигатели модели Jenbacher 420. Как правило, на двигателях модели Jenbacher 420, это происходит при наработке двигателя свыше 50-ти тысяч моточасов. Поломки происходят на различных цилиндрах но, как правило, имеют одинаковый характер и похожие повреждения коленчатого вала. При аварии коленчатого вала образуется трещина на валу, проходящая через щеку и галтели. Авариям, как правило, сопутствуют задиры поршней в цилиндрах расположенных рядом с участком повреждения коленчатого вала. В последнее время произошли аварии с повреждениями коленчатых валов на участках в районе 5-15 цилиндров, 7-17 цилиндров. Одной из основных причин, приводящих к повреждениям коленчатого вала на газовых двигателях, следует считать возникновение детонационного горения топлива (детонации). Чтобы предупредить поломки двигателя от детонации, двигатель Jenbacher 420 оборудован системой распознания и предупреждения детонации Det Con.

На рисунках 1 и 2 показаны фото коленчатого вала после поломки.

Рисунок 1. Вид коленчатого вала двигателя Jenbacher 420 после поломки

Рисунок 2. Вид щеки коленчатого вала двигателя Jenbacher 420 после поломки

Проводимая фирмой Jenbacher маркетинговая политика, предусматривающая ремонт двигателей при серьезных поломках на предприятиях фирмы, а в ряде случаев и предоставление клиентам существенных скидок для стимулирования проведения таких

ремонтов только на предприятиях фирмы, не позволяет провести детальные исследования причин повреждения коленчатых валов. В связи с этим не возможно, сделать независимую оценку состояния деталей и узлов двигателя, влияющих на работу коленчатого вала – подшипников (шатунных и коренных), крышек коренных подшипников, шатунов, демпфера крутильных колебаний (антивибратора) и т.д., или оценить изменение их характеристик/свойств.

В инструкции по эксплуатации двигателя Jenbacher 420 отсутствует информация о рекомендуемых значениях зазоров в коренных и шатунных подшипниках, не предусмотрен замер раскепов, что, также, говорит о нежелании предприятия-изготовителя допускать к ремонтам своих двигателя посторонних специалистов и дать им возможность выяснить действительную причину выхода валов со строя.

Анализ обстоятельств и характера поломок коленчатых валов показывает, что подобные поломки возможны по следующим основным причинам:

1. Длительная работа двигателя при детонационном горении топлива в цилиндрах двигателя или несвоевременное снижение нагрузки при детонации.

2. Наличие конструктивного или технологического дефекта в конструкции двигателя или технологии его изготовления.

3. Нарушение линии вала в процессе эксплуатации - увеличение, по какой либо причине, раскепов на определенных участках вала.

4. Несвоевременная замена демпферов крутильных колебаний (антивибраторов) и их выход со строя после определенной наработки двигателя.

5. Одновременное сочетание перечисленных выше факторов.

Неравномерное распределение нагрузки по цилиндрам двигателя, как причину поломки, мы не назвали умышленно, считая систему автоматического управления двигателем выполненной на очень высоком уровне. Если выразить ей недоверие, то для проверки параметров двигателя необходима установка, параллельной основной, системы контроля параметров, регистрирующей параметры двигателя, но не управляющей его работой, во избежание создания конфликта двух систем.

Следовательно, без детонационная работа двигателя, высокая квалификация обслуживающего персонала, своевременное техническое обслуживание, а главное, постоянный контроль состояния подшипников коленчатого вала (линии вала) и антивибраторов являются залогом безаварийной работы.

Выводы.

Для предотвращения поломок коленчатых валов двигателя Jenbacher 420 необходимо:

1. Не допускать работу при наличии детонационного горения топлива в цилиндрах двигателя.

2. Выполнять своевременную, в соответствии с рекомендациями завода-изготовителя, замену демпферов крутильных колебаний.

3. Выполнять периодические проверки раскепов коленчатого вала, после наработки двигателем более 30 000…40 000 моточасов, с частотой проверок примерно 3 000…5 000 моточасов. Более точно периодичность проверки раскепов, предприятию-изготовителю, необходимо установить экспериментально.

4. Для получения достоверной хронологии изменения параметров во времени, на отдельных двигателях, желательна установка независимой, параллельной основной, системы контроля ряда определяющих параметров двигателя и генератора с их регистрацией.

5. Как одно из мероприятий, обеспечивающих снижение стоимости эксплуатации двигателей Jenbacher 420, целесообразно рассмотреть вопрос ремонта демпферов крутильных колебаний, путем восстановления их эксплуатационных свойств, но этот вопрос требует отдельных исследований и внедрения в практику, желательно фирмой Jenbacher.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ХАРВЕСТЕРІВ РІЗНИХ ВИРОБНИКІВ

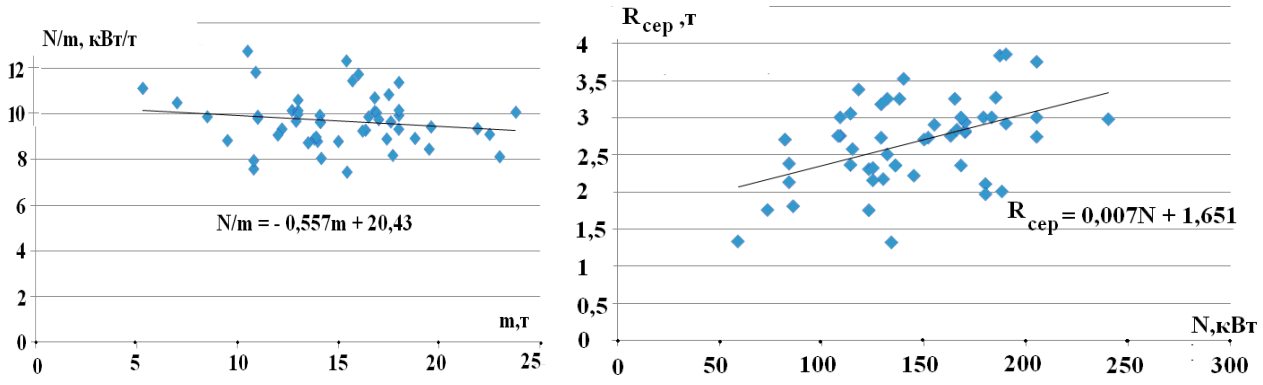
Мачуга О.С.
Національний лісотехнічний університет України (Україна)

Вступ. Актуальність досліджень. Механізація та автоматизація лісозаготівельних робіт, характерна для господарювання в країнах Скандинавії, Балтії, Центральної Європи та північної Америки, в профільних підприємствах нашої країни перебуває у зародковому стані. Це зумовлено рядом факторів, серед яких насамперед – структурна організація підприємств галузі, далі – відсутність власного спеціалізованого виробництва машин та механізмів для лісозаготівлі і, накінець – відсутність фахового підходу до вибору, впровадження та експлуатації такої техніки.. Найпроблематичніше виглядає механізація валочних робіт, робіт з первинного оброблення деревини та її транспортування з лісосік в умовах труднодоступних гірських місцевостей. Актуальним для розв'язання цієї проблеми є визначення допустимих режимів експлуатації харвестерів різних фірм в гірських умовах, поряд із проектуванням та будівництвом розгалуженої мережі лісовозних доріг на екологічних засадах із врахуванням технічних параметрів відповідних лісових машин.

Постановка задачі. Розроблення ефективних підходів до аналізу застосовності лісозаготівельної техніки різних виробників необхідно оперувати максимально можливим переліком технічних даних цих механізмів, виконати їх порівняльний аналіз та в перспективі визначити для кожного із них допустимий режим роботи у залежності від параметрів негоризонтальної лісосіки, технічних характеристик механізму та інших умов. Важливим для експлуатації є визначення показників питомої потужності та, з огляду на процес колієутворення, навантаження на колесо механізму.

Основні результати. На підставі аналізу літературних джерел визначено технічні характеристики харвестерів провідних світових виробників.

Показники питомої потужності та усередненого навантаження на колесо для цих механізмів подано на рисунку.



а *б*

Рисунок. Розподіл питомої потужності N/m (*а*) та усередненого навантаження на колесо $R_{сер}$ (*б*) у залежності від потужності харвестера

Висновки. Отримані результати мають практичну цінність у проектуванні нових харвестерів. Наведені питомі показники можна використовувати під час вибору харвестера для роботи в конкретних геоморфологічних умовах лісосіки.

ВЗАИМНОЕ ВЛИЯНИЕ ДВУХ ЦИЛИНДРОВ В ПОТОКЕ ВЯЗКОЙ НЕСЖИМАЕМОЙ ЖИДКОСТИ

Мирный С.С.
Институт транспортных систем и технологий НАН Украины (Украина)

Введение. Различные конфигурации близко расположенных цилиндрических тел достаточно широко распространены в технике. Примерами могут служить лопасти вертикально-осевых ветрогенераторов, а также опоры горизонтально-осевых ветрогенераторов в составе ветропарков. Данная работа посвящена определению изменения аэродинамических характеристик двух цилиндров одинакового диаметра, которые находятся в потоке вязкой несжимаемой жидкости в зависимости от их взаимного положения и положения системы двух цилиндров относительно потока.

Актуальность исследований. Изучение взаимного влияния тел, которые находятся вблизи в потоке жидкости и газа является одной из самых важных задач современной механики жидкости и газа. Наличие нескольких тел в потоке может существенно повлиять на картину течения, величину действующих аэродинамических сил и привести к существенному изменению режимов обтекания [1, 2, 5, 6].

Постановка задачи. На рисунке 1 изображена схема расположения цилиндров. Цилиндр 1 располагается в начале координат. Положение цилиндра 2 можно задавать либо в декартовой системе координат (x, y), либо в полярной (h, θ), где x, y – координаты центра цилиндра 2, h – зазор между цилиндрами, θ – угол наклона прямой, соединяющих центры цилиндров.

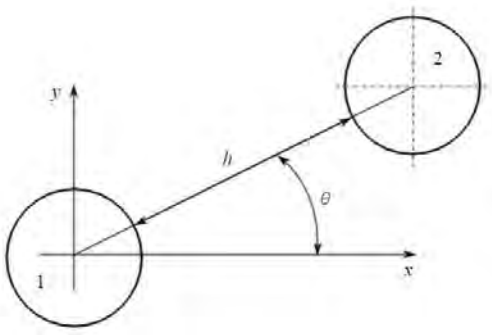


Рисунок 1. Схема расположения цилиндров

Проводилось математическое моделирование обтекания системы двух цилиндров потоком вязкой несжимаемой жидкости при числе Рейнольдса, равном 80. Система уравнений Навье-Стокса для вязкой несжимаемой жидкости

$$\nabla \cdot \vec{V} = 0, \tag{1}$$

$$\frac{\partial \vec{V}}{\partial t} + \nabla \cdot \left(\vec{V} \cdot \vec{V}\right) + \frac{\nabla p}{\rho} = \nu \cdot \nabla^2 \vec{V}, \tag{2}$$

численно решалась с помощью метода контрольного объема[4]. Математическое моделирование проводилось при θ = 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75°, 90° и h=0.2D, 0.4D, 0.6D, 0.8D, 1.0D, 2.0D, 3.0D, 4.0D, 5.0D.

Результаты исследований. На основании полученных распределений по времени коэффициентов лобового сопротивления и подъемной силы определялись основные числа Струхаля (частоты), амплитуды колебаний коэффициентов C_x ,C_y как отдельных цилиндров так и цилиндров как единой системы тел. Строились поляры как для отдельных цилиндров, так и системы цилиндров. По изменению амплитуд колебаний C_x и C_y определялось, происходит ли отрыв вихрей в фазе или в противофазе [1, 3]. Было обнаружено восемь режимов обтекания системы двух цилиндров. Режимы 1 и 2 – стационарные. При режиме 1, коэффициент лобового сопротивления $C_{x2}<0$, а для

режима 2 $C_{x2}>0$. Режимы 3-8 – нестационарные. Режим 8 – апериодические изменения C_x, C_y. Режимы 3-7 являются периодическими, характеризуются разными величинами коэффициентов C_x ,C_y, а также тем, происходят колебания C_x ,C_y в фазе или противофазе, а также различным количеством основных частот, что существенно влияет на форму нестационарных поляр.

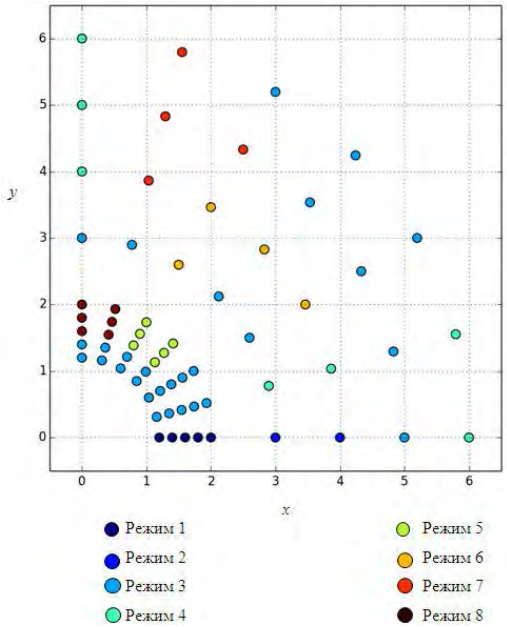


Рисунок 2. Режимы обтекания системы двух цилиндров

Выводы. В зависимости от взаимного положения цилиндров средний коэффициент лобового сопротивления может быть как меньше, так и больше чем коэффициент лобового сопротивления уединенного цилиндра при тех же параметрах набегающего потока. Средний коэффициент подъемной силы цилиндров может быть как отрицательным, так и положительным. Общий коэффициент подъемной силы отрицателен, кроме случаев тандемного расположения цилиндров при угле θ, равном 0° и 90°. При тандемном расположении второй цилиндр оказывает стабилизирующее действие и при уменьшении зазора менее 3.0 диаметров течение становится стационарным. При зазоре от 0,6 до 1,0 и θ равном 75° и 90°, течение становится апериодическим. При увеличении зазора, взаимное влияние цилиндров уменьшается. При зазоре 5.0 диаметров аэродинамические характеристики становятся близкими к характеристикам уединенного цилиндра.

ЛИТЕРАТУРА

1. Carmo. B. S., On Wake Interference in the Flow around Two Circular Cylinders: Direct Stability Analysis and Flow-Induced Vibrations/ PhD thesis// Department of Aeronautics, Imperial College, London – 2009 – 262p.

2. Kaneko S. et al. Flow-Induced Vibrations: Classifications and Lessons from Practical Experiences// Elsevier – 2014 – 411p.

3. Kim H. J. Investigation of the flow between a pair of circular cylinders in the flopping regime// H. J. Kim, P. A. Durbin - J. Fluid Mech. – 1988. - vol. 196. - P.431-448

4. Ferziger J.H. Computational Methods for Fluid Dynamics/ J.H. Ferziger, M. Peric. - Springer – 2002. – 431p.

5. Sumner D. Two staggered circular cylinders of equal diameter in cross-flow/ D. Sumner, M.D. Richards, O.O. Akosile // Journal of Fluids and Structures – 2005. – №20. – P.255–276.

6. Sumer B. M. Hydrodynamics around cylindrical structures/ B. M. Sumer, J.Fredsoe // Denmark: Technical University of Denmark – 2006. – 550p.

АНАЛІЗ ВЗАЄМОДІЇ РУШІЯ РОЗПУШУВАЧА З ПОВЕРХНЕЮ ГРУНТУ

Пелевін Л.Є., Горбатюк Є.В., Міщук Д. О.
Київський національний університет будівництва і архітектури (Україна)

Вступ. Інтенсивне освоєння родовищ корисних копалини, їх транспортування і будівництво нафто- і газопроводів неможливо без сучасної землерийної техніки, здатної розробляти міцні, мерзлі і скельні ґрунти.

Нині використовуються різні способи розробки мерзлих і скельних ґрунтів [1, 2, 3], основні з яких буропідривні роботи та розпушування ґрунту навісними розпушувачами.

Найбільш ефективним способом руйнування мерзлих та скельних ґрунтів з точки зору продуктивності машин і собівартості розробки ґрунту є горизонтальне пошарове розпушування навісними розпушувачами на базі потужних тракторів. В цьому випадку відрив стружки ґрунту від масиву відбувається у напрямі відкритої поверхні, що є найменш енергоємним способом, оскільки тут переважають зусилля розтягування (розриву) ґрунту, які у декілька разів менші ніж зусилля стиску або зсуву.

Розпушування ґрунту забезпечує зниження витрат на тонну продукції, сприяє підвищенню якості продукції і є меншою небезпекою для довкілля в порівнянні з виконанням земляних робіт буропідривним методом.

Мета і постановка задачі. Ефективність розпушувального агрегату значною мірою залежить від раціональних режимів роботи силової установки. Системи керування, що серійно випускаються на цей час, прилади індикації, а також уповільнена реакція людини-оператора на умови робочого процесу, що швидко змінюються, не дозволяють повною мірою використати тягово-зчіпні якості машини.

В процесі роботи розпушувального агрегату його ходове устаткування взаємодіє з ґрунтом, що викликає некеровані переміщення робочого органа в просторі, а, отже, і зміну глибини розпушування, що призводить до зміни реакції ґрунту на робочому органі.

У зв’язку з цим необхідно зробити аналіз математичних моделей рельєфу при взаємодії рушія розпушувача з поверхнею ґрунту.

Метою роботи є підвищення ефективності розпушувального агрегату шляхом удосконалення його системи керування.

Аналіз взаємодії рушія розпушувача з поверхнею ґрунту. Математична модель ґрунтової поверхні може бути представлена детермінованими або стохастичними (випадковими) функціями [4, 5].

Детерміновані моделі, що є математичним описом нерівностей поверхні ґрунту у вигляді детермінованих функціональних залежностей вертикальної координати поверхні ґрунту від часу, застосовуються в основному при дослідженнях, спрямованих на підвищення рівня розробки ґрунту та при визначенні граничних значень параметрів [4, 5, 6], і можуть бути представлені у вигляді: 1) гармонічного сигналу, 2) імпульсу, 3) ступінчастої дії.

Застосування стохастичних моделей рельєфу дозволяє вирішувати завдання взаємодії рушія з ґрунтом при русі базової машини по опорній поверхні з урахуванням реального рельєфу [5, 6, 7].

Нерівності рельєфу місцевості можна умовно поділити на макрорельєф, мікрорельєф і шорсткості. Відповідно до мети роботи найбільший інтерес становлять дія мікрорельєфу на елементи ходового устаткування розпушувального агрегату, оскільки нерівності мікрорельєфу є однією з головних причин, які викликають некеровані переміщення остову машини, а, отже, і робочого органа [5].

Для реалізації випадкового мікрорельєфу на ПЕОМ зазвичай використовується алгоритм, ґрунтований на перетворенні стаціонарної послідовності x_i незалежних нормально розподілених випадкових чисел (дискретний білий шум) в послідовність y_n,

для чого використовується рекурентне рівняння вигляду [4, 8, 9]

$$\begin{aligned} y_i &= a_0 x_i + a_1 x_{i-1} + ... + a_l x_{i-l} - \\ &- b_1 y_{i-1} - b_2 y_{i-2} - ... - b_m y_{i-m} = , \\ &= \sum_{K=0}^{l} a_K x_{i-K} - \sum_{K=1}^{m} b_K y_{i-K} , \end{aligned} \quad (1)$$

де x_i – реалізація незалежних нормально розподілених чисел з параметрами $m_x = 0$ і $\sigma_x = 1$.

При цьому вид рекурентного рівняння визначається видом кореляційної функції [10].

Рівняння (1) описує поведінку деякого дискретного фільтру, який перетворить білий дискретний шум, що подається на його вхід, у випадковий процес із заданою кореляційною характеристикою.

Висновки. Застосування стохастичних моделей рельєфу дозволяє вирішувати завдання взаємодії рушія з ґрунтом при русі базової машини по опорній поверхні з урахуванням реального рельєфу. Існуючий математичний апарат дозволяє моделювати рух базової машини по опорній поверхні з урахуванням реального рельєфу місцевості і може бути використаний в подальших роботах при розрахунках взаємодії рушія розпушувача з поверхнею ґрунту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Зеленин А.Н. Машины для земляных работ / А.Н. Зеленин, В.И. Баловнев, И.П. Керов. – М.: Машиностроение, 1975. – 424 с.

2. Горбатюк Є.В. Створення робочого органу землерийної машини з орієнтованими потоками виносу грунту: Дис. канд. техн. наук. / Є.В. Горбатюк – К.: КНУБА, 2006. – 180 с.

3. Щербаков Е.С. Исследование неуправляемых перемещений рыхлительного агрегата с целью повышения эффективности разработки мерзлых грунтов: Дис. … канд. техн. наук / Е.С. Щербаков. – М.: МАДИ, 1980. – 207 с.

4. Корытов М.С. Разработка методов измерения массы материала в ковше и запаса устойчивости фронтального погрузчика / М.С. Корытов. – Омск, СибАДИ, 1999. – 225 с.

5. Щербаков В.С. Научные основы повышения точности работ, выполняемых землеройно-транспортными машинами: Дис. ... докт. техн. наук / В.С. Щербаков. – Омск, СибАДИ, 2000. – 416 с.

6. Кузин Э.Н. Повышение эффективности землеройных машин непрерывного действия на основе увеличения точности позиционирования рабочего органа: Дис. ... докт. техн. наук / Э.Н. Кузин. – М.: ВНИИСДМ, 1984. – 443 с.

7. Слободин В.Я. Оптимизация параметров системы управления бульдозера с целью повышения эффективности процесса копания грунта: Дис. канд. техн. наук / В.Я. Слободин. – Омск, СибАДИ, 1982. – 235 с.

8. Беляев В.В. Повышение точности планировочных работ автогрейдерами с дополнительными опорными элементами рабочего органа: Дис. канд. техн. наук / В.В. Беляев. – Омск, 1987 . – 230 с.

9. Сукач М.К. Синтез землерийної і дорожньої техніки: Підручник / М.К .Сукач, Є.В. Горбатюк, О.А. Марченко. – К.: Видавництво Ліра-К, 2013. – 376 с.

10. Гридина Е.Г. Цифровое моделирование систем стационарных случайных процессов / Е.Г. Гридина, А.Н. Лебедев, Д.Д. Недосекин, Е.А. Чернявский. – Л.: Энергоатомиздат. Ленинградское отделение, 1991. – 144 с.

ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ ЖОРСТКОСТІ СТАЛЕВИХ КАНАТІВ ПРИ СТИСКУ

Проценко В.О., Настасенко В.О., Клементьєва О.Ю.
Херсонська державна морська академія (Україна)

Задача створення пружних ланок, що мають змінну жорсткість привела дослідників до розробки ряду оригінальних пристроїв: муфт, пружних елементів, вантажних підвісок. Власна нелінійна жорсткість робить перспективним використання в якості пружних елементів сталевих канатів.

Так дослідженнями проф. В.А. Малиновського [1] встановлено, що зведена згинальна жорсткість каната $\overline{B}$ складається з пружної згинальної жорсткості B, та трибожорсткості b від тертя дротів і сталок між собою:

$$\overline{B} = B \pm b. \tag{1}$$

Аналогічні висновки можна дістати з розгляду моделі розтягувальної $\overline{A}$ (2) та крутильної $\overline{G}$ (3) жорсткості у квазіпружній постановці також розроблених проф. В.А. Малиновським [2]:

$$\overline{A} = A \pm a, \tag{2}$$

$$\overline{G} = G \pm g, \tag{3}$$

де A – пружна розтягувальна жорсткість;
a – трибожорсткість при розтягу;
G – пружна крутильна жорсткість;
g – трибожорсткість при крученні.

Наведеними моделями не охоплено такий вид опору каната як стиск. Оскільки робота канатів на стиск у поширених випадках їх використання є нетиповою, однак для створення пружних елементів, що працюють на стиск сталеві канати є дуже перспективними, оскільки мають при стискуванні власну нелінійну характеристику [3, 4], що формує умови для їх застосування у пружних ланках із змінною жорсткістю, наприклад амортизаторах, підвісках сидінь транспортних засобів.

Для зведеної стискальної жорсткості (**c**ompression rigidity) $\overline{C}$ каната по аналогії з наведеними формулами, можна записати:

$$\overline{C} = C \pm c, \tag{4}$$

де C – пружна стискальна жорсткість;
c – трибожорсткість при стиску.

Зведену стискальну жорсткість $\overline{C}$ можна визначити за рахунок вимірювання. При цьому жорсткості при навантаженні $\overline{C}_н$ та розвантаженні $\overline{C}_р$ каната будуть відрізнятися на величину трибожорсткості c. При цьому рівняння (4) можна представити у вигляді системи (5).

$$\begin{cases} \overline{C}_н = C + c \\ \overline{C}_р = C - c \end{cases}. \tag{5}$$

Звідки можна отримати вирази для обчислення пружної жорсткості C та трибожорсткості c каната при стиску:

$$C = \frac{\overline{C}_н + \overline{C}_р}{2}, \tag{6}$$

$$c = \overline{C}_н - \frac{\overline{C}_н + \overline{C}_р}{2}. \tag{7}$$

Використовуючи наведені міркування можна рекомендувати наступну методику визначення жорсткісних параметрів канатів при стиску.

1. Виміряти силу $F_{ні}$ та деформацію $Y_{ні}$ канатів при навантаженні (стиску) каната. Вимірювання виконувати ступінчасто за рахунок реалізації i дослідів.

2. Виміряти силу F_{pi} та деформацію Y_{pi} канатів при розвантаженні каната.

3. Обчислити жорсткості при навантаженні $\overline{C}_{\text{ні}} = \dfrac{F_{\text{ні}}}{Y_{\text{ні}}}$ та розвантаженні $\overline{C}_{\text{рі}} = \dfrac{F_{\text{рі}}}{Y_{\text{рі}}}$.

4. Обчислити пружну жорсткість C_i за формулою (6) та трибожорсткість c_i за формулою (7).

5. За рахунок обробки результатів вимірювань отримати функції залежності жорсткісних параметрів від величини деформації та інших конструктивних параметрів канатних пружних елементів.

Виконання таких досліджень та отримання залежності жорсткості від конструктивних параметрів канатних елементів стиску дасть можливість виконати обґрунтування параметрів таких елементів. Очевидно, що основною умовою їх працездатності буде умова (8).

$$C > c\,. \tag{8}$$

Інакше кажучи, пружна складова зусилля віддачі каната повинна бути більшою ніж складова зусиль тертя між його елементами для того, щоб канатний пружний елемент міг повернутися у початковий стан після зняття навантаження за рахунок подолання пружними силами сил тертя. Тому при розробці, в кінцевому підсумку, методики проектування канатних пружних елементів стиску треба буде розв’язувати задачу забезпечення потрібної жорсткості пружного канатного елементу та його повернення в початковий стан після зняття навантаження.

ЛІТЕРАТУРА

1. Малиновский В.А. Особенности механики подъемных и тягових канатов с учетом нелинейных и квазиупругих свойств: автореф. дис. докт. техн. наук: спец. 05.05.05 – подъемно-транспортные машины; 05.15.16 – горные машины / В.А. Малиновский. – Днепропетровск, 1996. – 36 с.

2. Малиновский В.А. Влияние внутреннего конструкционного трения на кручение шахтних канатов / В.А. Малиновский, А.А. Пригода // Бюллетень МАИСК. – 2012. – № 9 – С. 22 – 38.

3. Проценко В.О. Обґрунтування можливості застосування стиснутих сталевих канатів як пружних елементів сучасних машин / В.О. Проценко // Стальные канаты. – Одесса: Астропринт, – 2013. – № 9. – С. 232-238.

4. Проценко В.О. Перспективи застосування стиснутих канатів у кранових буферах / В.О. Проценко, О.Ю. Клементьєва // Матеріали Всеукраїнської наук.-практ. конф. «Сучасні енергетичні установки на транспорті і технології та обладнання для їх обслуговування '2013», (м. Херсон, 09-11 жовтня 2013 р.). – Херсон: Видавництво ХДМА, 2013. – С. 205 – 207.

РОЗРАХУНОК НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ПРУЖНИХ ЕЛЕМЕНТІВ МУФТИ VULKAN ТИПУ RATO-S

Савчук В.П.
Херсонська державна морська академія (Україна)

Постановка проблеми. Визначення впливу експлуатаційних чинників на напружено-деформований стан елементів пропульсивного комплексу судна надає можливості встановлювати заданий рівень надійності його елементів. Це в свою чергу дозволить оптимізувати витрати як на побудову судна, так і на його експлуатацію.

Мета роботи – визначити напружено-деформований стан пружних елементів муфти типу Vulkan. Муфта використовується для передачі обертального моменту від головного двигуна 8L58/64 до головного редуктора пропульсивного комплексу судна.

Результати дослідження. В якості вихідних параметрів нами прийнято фізико-механічні показники матеріалів муфти та значення обертального моменту $M_{об}$ = 250 кН м. Для спрощення чисельних розрахунків, які виконаємо за допомогою методу скінчених елементів у програмному комплексі SolidWorks, використаємо спрощену твердотільну модель муфти (рис. 1).В моделі використано опцію контакт елементів – пов’язані. Це надає можливості забезпечити нероз’ємність пружних елементів муфти та стальних дисків муфти.

Сітка скінчених елементів деталей муфти представлена на рис. 2.

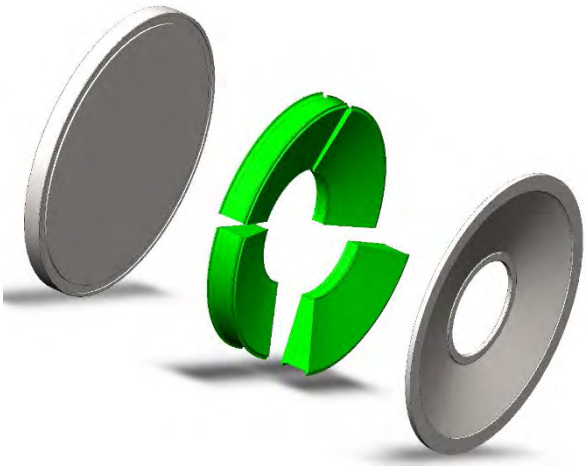


Рисунок 1. Загальний вигляд твердотільної моделі муфти

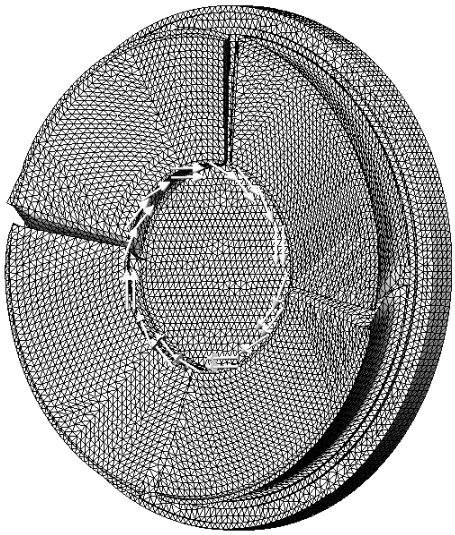


Рисунок 2. Сітка скінчених елементів твердотільної муфти

Основні параметри сітки скінчених елементів представлено у табл. 1.

Таблиця 1. Показники сітки скінчених елементів

Тип сітки	Сітка на твердому тілі
Розбиття, що використовувалось	Стандартна сітка
Точки Якобіана	4 точки
Розмір елемента, мм	67,6929
Допуск	3,38464 мм
Всього вузлів	415059
Всього елементів	281882

Напруження. Напружений стан вказує на локалізацію максимальних напружень в зоні контакту пружних елементів із стальними дисками (рис. 3). Це демонструє достатню міцність матеріалу резини. Приводом для виходу з ладу пружного елементу муфти є попадання на поверхню агресивних до резин матеріалів (паливо, мастила), які приводять до погіршення їх фізико-механічних властивостей. Також, як демонструють результати експлуатації таких муфт, на їх безвідмовність впливають умови експлуатації пропульсивного комплексу (наявність перекосів між віссю колінчастого валу та вхідним валом головного редуктора; наявність вібрацій за рахунок порушення режиму роботи ГД чи гребного гвинта).

Переміщення. Згідно проведеного дослідження, максимальне переміщення поверхні пружного елементу під дією обертального моменту складає 36 мм.

Деформація (пружна). Максимальне значення відносної деформації (пружної) складає 0,192. Зона максимальної деформації розташована на внутрішній стороні пружних елементів

Коефіцієнт запасу міцності (рис. 4). Вказує на наявність мінімального коеф. запасу міцності 11,36, що є достатнім для динамічних систем (мінімальний коеф. динамічності складає 4,0).

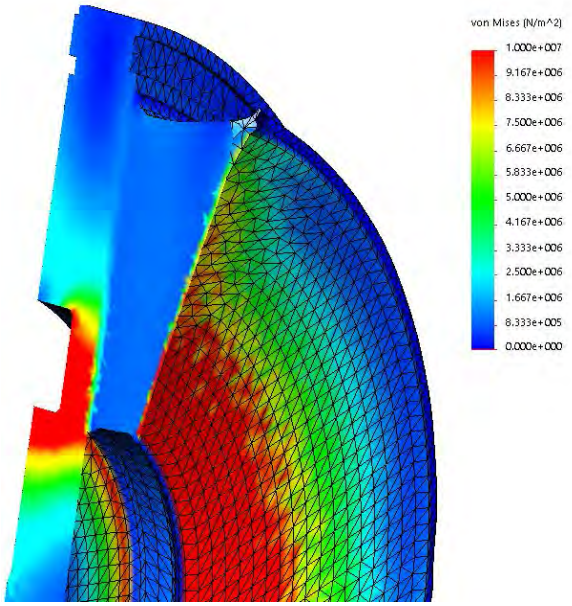


Рисунок 3. Розподіл напружень

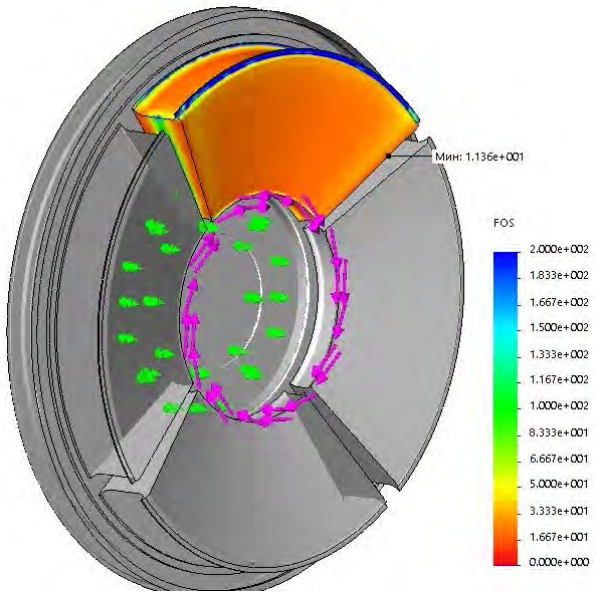


Рисунок 4. Розподіл коефіцієнту запасу міцності

Висновки. Проведені дослідження напружено-деформованого стану пружних елементів муфти Vulkan типу Rato-S, що передають крутний момент від дизельного двигуна MAN B&W 8L58/64, вказують на відсутність перевищення припустимих напружень та мають статичний коефіцієнт запасу міцності 11,36.

РІЗАЛЬНИЙ АПАРАТ З ДИСКОВИМИ НОЖАМИ

Самарін О.Є.
Херсонська державна морська академія (Україна)

Вступ. Експлуатаційна надійність збиральних сільськогосподарських машин багато у чому залежить від ресурсу їх різальних апаратів, ножі яких зазнають інтенсивного абразивного зношування [1, 2, 3]. При цьому змінюється геометрія та форма різальної частини ножа, що приводить до порушення агротехнічних вимог до якості зрізання стебел, збільшенню втрат від недобору маси, підвищенню енерговитрат при зрізанні стебел [4, 5].

Збільшення періоду ефективної експлуатації різальних елементів має слугувати підвищенню показників надійності збиральної машини.

Мета та задачі проведення досліджень. Розробити такий різальний апарат, у якому за рахунок зміни геометричної форми та кріплення збільшено довжину різальної кромки ножа до 100%, підвищено рівномірність її зношення, а також забезпечено зрізання стебел замість рубання.

Для досягнення поставленої мети необхідно проаналізувати розкладання сил на ножах різної конструкції та знайти необхідну форму ножа.

Рішення поставленої задачі. Запропонований різальний апарат показано на рис.1.

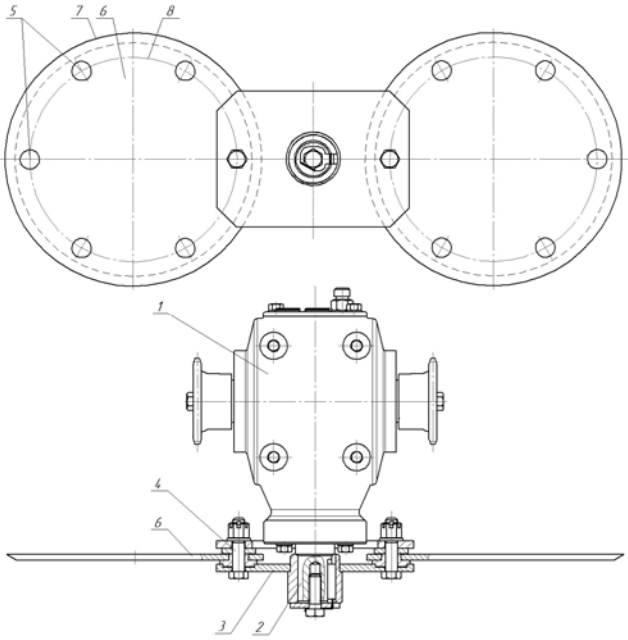


Рисунок 1. Різальний апарат: 1 – коробка; 2 – вихідний вал; 3 – маточина; 4 – вісь; 5 – отвір; 6 – ніж; 7 – різальна кромка; 8 – концентричне коло

Різально-подрібнювальний апарат працює наступним чином. При обертанні вихідному валу 2 приводної коробки 1 маточина 3 з діаметрально розташованими осями 4 також обертається. Ножі 6 з різальними кромками 7 повертаються в отворах 5 навколо осей 4 та займають радіальне положення. При зустрічі різальної кромки 7 із стеблами вони перерізаються і подрібнюються. Завдяки дисковій формі ножа 6 та наявності різальної кромки 7 по всьому периметру стебла перерізаються, а не рубаються.

Після затуплення різальної кромки 7 ніж 6 знімається та переставляється на сусідній отвір 5. Процедура перестановки ножа 6 виконується по черзі через всі отвори 5, розташовані по колу 8, до повного затуплення різальної кромки 7.

Виконання ножів у вигляді дисків з різальною кромкою по периметру дозволить замінити рубання стебел різанням з ковзанням, що зменшить енергомісткість процесу зрізання та подрібнення.

Дискова форма ножа з різальною кромкою по периметру збільшує активну зону ножа, що збільшує зону різання та строк використання ножа.

Дискова форма ножа збільшує масу ножа, що підвищую ефективність зрізання стебел

Заміна прямокутного профілю ножів на дисковий усуває наявність прямокутних кутів на периферії ножа, що зменшує їх зношення та збільшує строк служби.

Наявність в ножах розташованих по колу отворів дозволить переставляти їх з одного отвору на інший і таким чином повертати ніж навколо своєї осі, що забезпечує заміну зношеної різальної кромки на нову і відновлення різальної здатності ножів, а також рівномірне зношення ножів у продовж всього строку служби.

Таким чином, зменшується енергомісткість процесу зрізання і подрібнення стебел та збільшується строк служби різального апарату.

Нормальному тиску P_n ножа відповідає сила тертя fP_n (рис.2) [6].

Рівнодіюча цих сил дорівнює $\frac{P_n}{\cos\varphi}$. Якщо r – радіус-вектор, ℓ – плече сили $\frac{P_n}{\cos\varphi}$, то її момент дорівнює:

$$M = \frac{P_n}{\cos\varphi}\cdot\ell = \frac{P_n}{\cos\varphi}\cdot r\cdot\cos(\tau-\varphi).$$

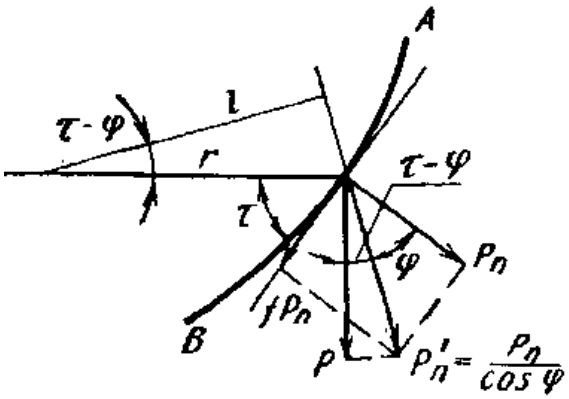


Рисунок 2. Векторна схема сил, що діють при зрізанні стебел

Висновки та рекомендації. Запропоноване технічне рішення дозволить зменшити енергомісткість процесу зрізання і подрібнення стебел та збільшити строк служби різального апарату. Різальний апарат може бути застосована у кукурудзозбиральних машинах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Крупин А.Е. Повышение износостойкости режущих элементов сельскохозяйственных уборочных машин. Вестник НГИЭИ. Выпуск 10. – 2012г.

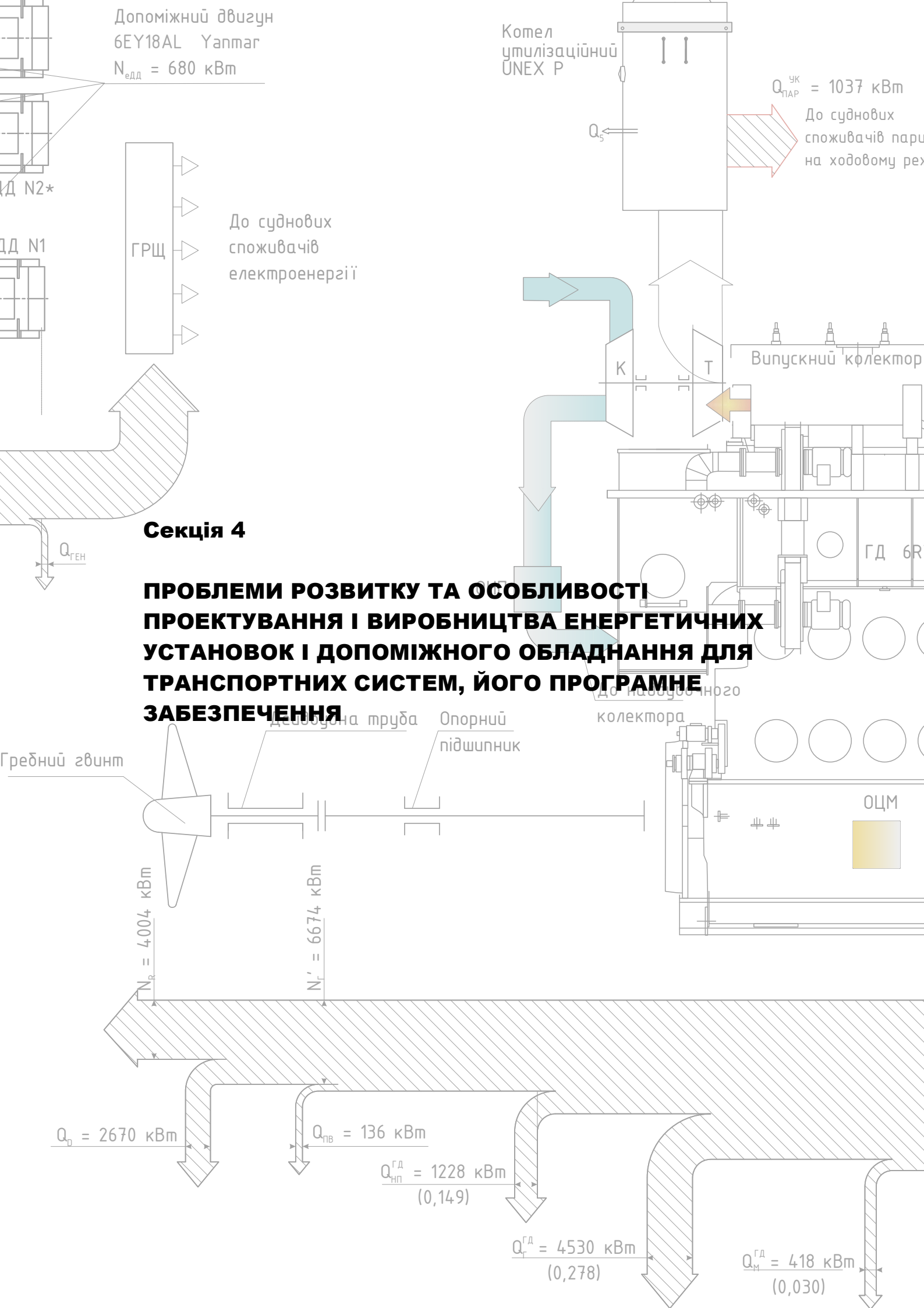
2. Кукурузоуборочные машины КМС. Руководство по эксплуатации. КМС РЭ. – Херсон.: ООО НПП «Херсонский машиностроительный завод», 2013.–80с.

3. Кукурудзозбиральні машини КМС. Технічні умови. ТУ У 29.3 – 05780362-039-2003 ВАТ «Херсонські комбайни», Херсон 2003. – 39 с.

4. Протокол испытания ножей на износ. Лаборатория испытаний ГСКБ ООО НПП «Херсонский машиностроительный завод». 2012 – 1с.

5. Протокол испытания ножей КПР 00.00.01 на износ. Лаборатория испытаний ГСКБ ООО НПП «Херсонский машиностроительный завод». 2013 – 1 с.

6. Резник Н.Е. Теория резания лезвием и основы расчёта режущих аппаратов. М., «Машиностроение», 1975. – 311 с.



Секція 4

ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ ТА ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ І ВИРОБНИЦТВА ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК І ДОПОМІЖНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ, ЙОГО ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА СУДОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОПТОВОЛОКОННЫХ ДАТЧИКОВ

Алексеев А.В.
Херсонская государственная морская академия (Украина)

Введение. Двигатели внутреннего сгорания (ДВС) в настоящее время получили широкое распространение на транспорте, в промышленности и стационарной энергетике. На ближайшие десятилетия они останутся основным источником энергии для судостроительной, автомобильной, сельскохозяйственной и другой техники. Рост выпуска ДВС остро ставит проблемы их качественного совершенствования, в основе которых – увеличение мощности, уменьшение времени обслуживания и улучшение эксплуатационных показателей.

Актуальность исследований. Эксплуатация современного судна невозможна без автоматизации процессов управления разнообразным техническим и технологическим оборудованием, судовыми системами и судном в целом. Возрастают мощности судовых устройств и механизмов, повышаются требования к точности, надежности, быстродействию и другим показателям качества управления, повышаются эксплуатационные требования, связанные с экономичностью и эффективностью работы судовых систем оборудования. Причем эти требования касаются работы не только отдельных систем автоматического управления судна в целом, но и систем автоматического управления главной дизельной установкой. Поэтому в настоящее время основным требованием при постройке нового судна является требование наличия на нем качественной системы автоматизации. А в случае модернизации эксплуатируемого судна – переход от неавтоматизированных систем к автоматизированным, с целью увеличения времени необслуживаемой работы двигателя. Предлагаемый метод управления и контроля параметров рабочего процесса может быть использован для индицирования отдельного элемента судового двигателя при помощи оптоволоконного датчика. Эксплуатационные показатели ДВС зависят от технического состояния всех элементов входящих в двигатель, а некоторые параметры сложно фиксировать из-за невозможности установки средств контроля. Оптоволокно идеально подходит для установки в местах с ограниченным доступом, а точность и скорость передачи данных позволяет автоматизировать управление.

Результаты исследований. В элементах соединения корпусных деталей (шпильках, болтах), связывающих крышки цилиндра (головки блока цилиндров) и блок двигателя, действуют напряжения, а выбор элементов связи в качестве объекта управления, основан на том, что они воспринимают только силы давления газов и, таким образом, позволяют идентифицировать некоторые параметры рабочего процесса судового двигателя.

При неработающем двигателе силовые шпильки нагружены силой предварительной затяжки $F_{ПР}$ (минимальная сила растягивающая шпильку)

$$F_{ПР} \approx m \cdot (1 - \chi) \cdot F_{Z_{\max}}, \text{ МН}, \quad (1)$$

где m – коэффициент затяжки шпильки; χ – коэффициент основной нагрузки резьбового соединения; $F_{Z_{\max}}$ – сила давления газов при сгорании, приходящаяся на одну шпильку, МН.

$$F_{ПР} = \frac{P_Z \cdot S}{i}, \text{ МН}, \quad (2)$$

где S – площадь поверхности; i – количество шпилек.

Под действием силы предварительной затяжки происходит растягивание шпильки

и сжатие соединяемых деталей. Шпилька при этом удлиняется на величину $\lambda_{ШП_{\min}}$.

$$\lambda_{ШП_{\min}} = \frac{l_{ШП} \cdot F_{ПР}}{E \cdot F_0}, \text{ м}, \quad (3)$$

где $l_{ШП}$ – расчетная длина шпильки, м; E – модуль упругости материала шпильки, МПа; F_0 – площадь поперечного сечения стержня шпильки, м^2.

При работе двигателя сила давления газов при сгорании вызывает дополнительное растяжение шпильки и сжатие головки, на шпильку будет действовать сила F_Z

$$F_Z = F_{ПР} + \chi \cdot F_{Z_{\max}}, \text{ МН}. \quad (4)$$

Под действием силы F_Z шпилька удлиняется на величину $\lambda_{ШП_{\max}}$

$$\lambda_{ШП_{\max}} = \frac{l_{ШП} \cdot F_Z}{E \cdot F_0}, \text{ м}. \quad (5)$$

Реализация метода управления и контроля параметров рабочего процесса заключается в том, что в шпильку, помещают дифракционный волоконно-оптический датчик, представляющий собой оптическое волокно, в сердцевине которого наведена фазовая модуляция по определенному сигналу. Усилия, возникающие от действия сил давления газов в цилиндре двигателя, передаются через головку блока цилиндров шпильками и болтами крепления головки блока цилиндров к самому блоку. При этом волоконно-оптический датчик фиксирует изменение оптического зазора и преобразует их в электрический сигнал.

Под действием изменяющегося давления в цилиндре двигателя, шпилька сжимается и растягивается, находясь в зоне упругой деформации. При этом оптическое волокно, расположенное в отверстии внутри шпильки фиксирует изменение длины шпильки при помощи отражателя и изменения показателей преломления, значения которого при помощи аналого-цифрового преобразователя, регистрируется в компьютере, где и осуществляется его дальнейшая обработка и анализ.

Для обоснования работоспособности предлагаемого способа получения информации о внутрицилиндровых процессах был произведен расчет удлинения шпилек крепления крышек цилиндров, болтов головки блока и сжатие шайб под ними при воздействии сил от предварительной затяжки и от давления газов в цилиндре ДВС. Результаты расчетов показывают, что растяжение шпилек (болтов) крепления крышки цилиндра (головки блока), а также сжатие шайб под ними при работе двигателя находятся в диапазоне, доступном для регистрации волоконно-оптическим датчиком. В качестве примеров были рассчитаны стальные шпильки длиной от 500 до 1500 мм, для усилий характерных при давлениях до 23 МПа. Разница между удлинением шпильки при максимальной растягивающей силе и удлинением при силе предварительной затяжки составляет от 10 до 50 мкм; разница между сжатием шайбы при максимальной сжимающей силе и сжатием при силе предварительной затяжки составляет от 0,05 до 0,80 мкм. Из этого следует, что наиболее качественная индикаторная диаграмма получается при установке волоконно-оптического датчика в тело шпильки крепления крышки цилиндра (или болта головки блока цилиндров).

Выводы. Проведенный анализ позволяет предположить, что предлагаемый метод управления и контроля параметров рабочего процесса судового ДВС может быть использован для индицирования отдельного элемента соединения корпусных деталей, связывающих крышки цилиндра и блок двигателя, при помощи оптоволоконного датчика. Реализация оптоволоконных систем в настоящее время, может иметь ряд существенных преимуществ по сравнению с другими известными методами и средствами оценки параметров рабочих процессов судовых двигателей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Возницкий И.В. Судовые дизели и их эксплуатация [Текст] / И.В. Возницкий, Е.Г. Михеев. – М.: Транспорт, 2004 - 360 с.

2. Буймистрюк Г. Я. Информационно-измерительная техника и технология на основе волоконно-оптических датчиков и систем. – СПб.: Минатома, 2005. - С.88-91.

3. Расчет силовых шпилек. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://krmatem.ru/detali/mashde30.htm

АКТУАЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ПРОГРЕСИВНИХ ВІДРІЗНИХ РІЗЦІВ В УМОВАХ СУДНОВОГО РЕМОНТУ

Бабій М.В., Настасенко В.О., Ковальчук Д.В.
Херсонська державна морська академія (Україна)

Морське (річкове) судно під час виконання рейсу є автономною замкненою системою і тому важко уявити собі машинне відділення без суднової механічної майстерні, призначеної для усунення різноманітних відмов та відновлення працездатності деталей та вузлів суднових технічних засобів і, як наслідок, забезпечення працездатності судна. Механічна майстерня, як правило, оснащена універсальними металорізальними верстатами: токарно-гвинторізним, свердлильним, фрезерним та заточувальним, що дозволяють виконувати майже всі види робіт з обробки металів різанням. Також відомим є, що майже до 80 % робіт, пов'язаних із обробкою металів різанням на судні, виконуються на токарно-гвинторізному верстаті, який забезпечує виконання наступних операцій: проточування циліндричних поверхонь, підрізання торців та уступів, проточування канавок та відрізки заготовок, розточування, нарізання різьби, свердління та ін. Серед перелічених, саме операції відрізки виконуються у більш важких умовах, є трудомісткими і характеризуються великими витратами, як інструменту, так і оброблюваного матеріалу внаслідок недостатньої стійкості, міцності і жорсткості різальної частини і складних умов різання. Витрати відрізних різців перевищують витрати прохідних та розточувальних більш ніж на 50%.

Головним фактором, який веде до зниження продуктивності обробки та значних витрат відрізних різців в суднових умовах є застосування здебільшого напайних конструкцій різців, що є на сьогоднішній день технологічно та морально застарілим інструментом. Однією з головних причин виходу зі строю відрізних різців є відривання напайної твердосплавної пластини від корпусу різця. Такі руйнування вимагають від суднового токаря високої кваліфікації по відновленню даного виду інструменту та наявність в механічній майстерні відповідного спеціального обладнання, яке, як правило відсутнє. Тому операції з відновлення працездатності інструменту здебільшого відбуваються з відхиленнями від технологічних вимог, оскільки витримати, наприклад, температурні режими при напайці різальної пластини (рис. 1) в даних умовах проблематично, що в кінцевому результаті не гарантуватиме високу якість кріплення. Також відомо, що при напайці двох різних за складом та механічним властивостям матеріалів із різним коефіцієнтом лінійного розширення веде до появи значних напружень в місці пайки та, як наслідок, до появи тріщин на пластині, шві та корпусі інструменту та, як наслідок, зменшення довговічності різального інструменту.

Рисунок 1. Процес напаювання твердосплавної різальної пластини на корпус різця

Не менш простим в суднових умовах є процес заточування різального інструменту (рис. 2). Наявний в майстерні заточувальний верстат не дозволяє з високою точністю отримати оптимальні геометричні параметри різальної частини різця, що під час різання може привести до значних затирань поверхонь інструменту, підвищення температури в зоні різання, виникнення значних вібрацій різця. Також існує велика вірогідність виникнення припікань та тріщин у поверхневому шарі різців, оскільки правильність виконання заточування в даному випадку залежить

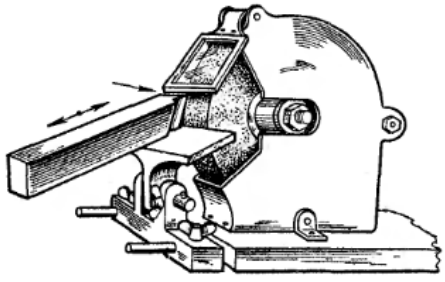


Рисунок 2. Схема заточування різця на заточувальному верстаті

від кваліфікації суднового токаря, яка не завжди є високою. А найбільш проблематичним є відсутність універсально-заточувального чи спеціального верстата для процесу доведення різців з метою отримання необхідної шорсткості поверхонь інструменту. Відновлений таким чином інструмент має значні відхилення від технічної документації і в результаті є причиною нетривалого його терміну служби, неякісної обробки заготовок, простою токарно-гвинторізного верстата.

Найбільш раціональним в даних умовах є використання сучасного металорізального інструменту із механічним кріпленням різальних пластин до корпусу інструменту. Даний вид інструменту (рис. 3) відомих інструментальних фірм (Sandvik Coromant, ISCAR, Kemmer та ін.) знаходить широке застосування на сучасних прогресивних машино- та суднобудівних підприємствах.

Рисунок 3. Сучасні відрізні різці з механічним кріпленням різальних пластин

Їх перевагами є багатократне використання державок різців, усунення процесу заточування та напайки інструменту, формування необхідної геометрії пластини при її виготовлені, підвищення стійкості інструменту на 25…30 % за рахунок відсутності термічних напружень та застосування зносостійких покриттів на різальних пластинах, економія дорогих компонентів твердого сплаву – карбідів вольфраму і кобальту, скорочення часу заміни інструменту, підвищення якості, точності, надійності та продуктивності обробки, зниження затрат на інструмент.

Їх недоліками є: складність конструкції різців та пластин, низька надійність кріплення різальної пластини у гнізді державки, обмеження глибини виконуваних канавок до 10 мм, що обмежує коло застосування даних різців, особливо в суднових умовах, де від інструменту вимагається широка універсальність.

Рисунок 4. Загальний вид відрізного різця з бічною установкою БНП

В даному випадку найбільш раціональним буде використання конструкції збірного відрізного різця з бічною установкою багатогранної непереточуваної пластини (БНП) (рис. 4) [1]. Перевагою даної конструкції є максимальна простота при високій надійності і міцності кріплення БНП та достатній жорсткості різця, що було підтверджено в результаті експериментальних досліджень. Використання запропонованих БНП у порівнянні з пластинами відомих інструментальних фірм є більш ефективним за показниками технологічності форми, глибини відрізування (від 6,4 до 24 мм), витратам інструментального матеріалу, вартості, яка у перерахунку на одне різальне лезо, нижча в 2 і більше разів. Сукупність вказаних переваг дозволяє рекомендувати дані конструкції різців для широкого впровадження як у промисловому виробництві так і в умовах ремонту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пат. 2366542 Російська Федерація, МПК B23B 27/16. Сборный отрезной резец и режущие пластины к нему / Настасенко В.А., Бабий М.В. – № 2007111687; заявл. 29.03.2007, опубл. 10.09. 2009, Бюл. №25.

УРАВНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СМЕСЕЙ R290/R125 В R290/R744

Вассерман А.А., Мальчевский В.П., Козловский С.В.
Одесский национальный морской университет (Украина)

Введение. На базе экспериментальных данных по термическим свойствам составлены уравнения состояния смесей хладагентов R290/R125 и R290/R744. С помощью полученных уравнений рассчитаны таблицы значений плотности, энтальпии и энтропии, охватывающие для смеси R290/R125 область температур и давлений 240…400 К, 0,05…6 МПа, а для R290/R744 – 220…500 К, 0,05…70 МПа. Выполнено сравнение полученных значений свойств с экспериментальными данными и с данными, рассчитанными с помощью системы REFPROP. Также исследовано поведение указанных смесей в состоянии фазового равновесия.

Актуальность исследований. Смеси хладагентов R290/R125 и R290/R744 являются перспективными рабочими веществами, так как не оказывают разрушающего воздействия на озоновый слой атмосферы Земли и являются более эффективными, чем чистые альтернативные хладагенты.

Постановка задачи. Для расчёта термодинамических свойств исследуемых смесей были составлены уравнения состояния по методике [1] в форме

$$A / RT = \alpha_{mix}(\omega, \vartheta, x) = \alpha^{idmix}(\omega, \vartheta, x) + \alpha^{E}(\omega, \vartheta, x), \qquad (1)$$

где A (ω, ϑ, x) – свободная энергия Гельмгольца, α^{idmix} (ω, ϑ, x) – энергия Гельмгольца идеальной смеси, α^{E} (ω, ϑ, x) – функция взаимодействия, $\omega = \rho/\rho_{кр}$ – приведенная плотность, $\vartheta = T_{кр}/T$ – обратная приведенная температура, x – мольная доля первого компонента смеси, $T_{кр}$ и $\rho_{кр}$. – псевдокритические параметры смеси.

Использованные при этом экспериментальные данные для смеси R290/R125 (364 p,ρ,T,x и 650 p,T,x точек из 6 источников) охватывают область температур и давлений 253−423 К, 0,1−6,7 МПа. Для смеси R290/R744 имеющиеся 1118 p,ρ,T,x и 817 p,T,x точек из 12 источников охватывают область параметров 211−511 К, 0,06−70 МПа. Значения плотности для p,T,x-данных были рассчитаны по вспомогательным уравнениям, составленным нами на базе p,ρ,T,x-данных. Для соблюдения условия фазового равновесия были использованы 54 точки в состоянии насыщения при температурах 253−348 К для первой смеси и 65 точек при 222−361 К для второй.

В качестве весов экспериментальных значений коэффициента сжимаемости $Z = p/\rho RT$ принимались величины $1/\sigma_z^2$, где σ_z^2 – дисперсия величины Z, зависящей не только от параметров состояния p,ρ,T, но и от мольной концентрации компонентов x и $1–x$. В экспериментах температура и давление измеряются с высокой точностью, поэтому относительные погрешности δp и δT при расчёте весов можно принять равными нулю. Тогда в соответствии с правилом переноса ошибок [2] дисперсия коэффициента сжимаемости может быть рассчитана по формуле:

$$\sigma_Z^2 = \left(\frac{Z_{\exp}}{\rho} + \frac{\partial Z_{calc.}}{\partial \rho}\right)^2 \left(\frac{\rho \cdot \delta\rho}{2}\right)^2 + \left(\frac{\partial Z_{calc}}{\partial x}\right)^2 \left(\frac{x \cdot \delta x}{2}\right)^2, \qquad (2)$$

где $\delta\rho$ и δx – максимальные величины относительных погрешностей плотности и состава, которые для большинства данных составляют от 0,05 до 0,2 %.

При расчёте весов и при составлении уравнений состояния смесей использовались следующие уравнения состояния для компонентов: [3] для R125, [4] для R290 и [5] для

R744. Коэффициенты функции взаимодействия смесей определены методом пошагового регрессионного анализа, предложенного Реук и Армстронгом [6].

Результаты исследований. После составления уравнений состояния выполнено детальное сравнение рассчитанных данных с экспериментальными и опорными данными в однофазной области и в состоянии насыщения. Средние квадратические отклонения для полных массивов плотности равны 0,19 % для смеси R290/R125 и 0,39 % для R290/R744. Также выполнено сопоставление рассчитанных по уравнениям значений термодинамических свойств с данными, определёнными с помощью известной информационной системы REFPROP. В этом случае отклонения по плотности, энтальпии и энтропии в основном не превышают 0,4 %, 4 кДж/кг и 0,01 кДж/(кг·К) соответственно.

По полученным уравнениям рассчитаны таблицы значений плотности, энтальпии и энтропии в однофазной области и в состоянии насыщения, охватывающие для смеси R290/R125 область параметров 240−400 К, 0,05−6 МПа, а для R290/R744 −− 240−400 К, 0,05−6 МПа. Также исследовано термодинамическое поведение указанных смесей в состоянии фазового равновесия для значений мольных долей 0,2; 0,4; 0,6 и 0,8 компонента R290 для смесей R290/R125 и для значений *x* 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 и 0,9 мольной доли R290 для смесей R290/R744.

Для обеих смесей построены диаграммы зависимости давления насыщенных жидкости и пара от температуры и состава и графики зависимости разницы между температурами насыщенных пара и жидкости от давления либо от средней на изобаре температуры. В результате установлено, что для смеси R290/R125 для значений мольных долей 0,2 и 0,4 разность между температурами насыщенных пара и жидкости не превышает 2 К. Для смесей R290/R744 эта разность не превышает 5 К для значения мольной доли R290, равного 0,1.

Выводы. В результате исследования термодинамического поведения двух смесей установлено, что смесь R290/R125 может быть использована как хладагент в достаточно широком интервале значений составов. Возможность использования смеси R290/R744 ограничена составами, в которых мольная доля R290 не превышает 0,1.

ЛИТЕРАТУРА

1. E.W. Lemmon and R.T. Jacobsen, Int. J. Thermophys, **20**: No. 3 (1999).

2. Д. Худсон/ Статистика для физиков. – М.: Изд. «Мир», 1970. – 296с.

3. Vasserman A.A., Fominsky D.V. Equations of State for the Oson-Safe refrigerants R32 and R125// Int. Journal of Thermophysics. – 2001. – V. 22. – №4. –P. 1089–1098.

4. Sychev V.V., Vasserman A.A., Kozlov A.D., Tsymarny V.A. Thermodynamic Properties of Propane// Hemisphere Publ. Co. New York. – 1990. – P. 266.

5 Span R., Wagner W. A new equation of state for carbon dioxide // J. Phys. Chem. Ref. Data. — 1996. —V. 25. —No. 6. — P. 1509—1596.

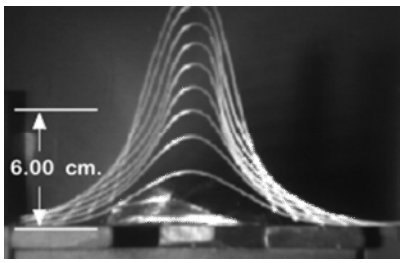
6. Reuck K.M., Armstrong B. *Cryogens*. **19**, 505-512 (1979).

ПРОГРЕСИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ТА РЕМОНТУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕНЕРГІЇ ІМПУЛЬСНИХ МАГНІТНИХ ПОЛІВ

Гнатов А.В., Аргун Щ.В.
Харківський національний автомобільно-дорожній університет (Україна)

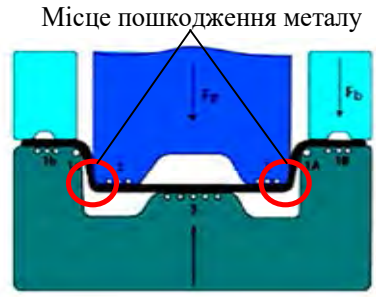
Вступ. Серед основних проблем сучасності найбільш гостро виділяються екологія, ресурсозберігання і енергетика. Вирішення цих проблем визначить майбутнє людства. Практичне використання енергії імпульсних електромагнітних полів відкриває виняткові перспективи для створення прогресивних технологій з обробки матеріалів будь-якої фізичної природи. У цій галузі можна комплексно поєднати всі атрибути, які визначають прогресивність технічних рішень різних виробничих задач, а саме, екологічну чистоту, високу продуктивність, економію матеріальних та енергетичних ресурсів [1, 2].

Актуальність досліджень. В сучасному виробництві транспортних засобів постійно збільшується номенклатура металів та їх сплавів із різними електрофізичними властивостями. Деформування та обробка таких новітніх матеріалів вже не може бути здійснена за допомогою звичайних традиційних методів. Наприклад, при роботі з металом (видавлюванні, штампуванні, обтиску, формуванні та ін.) традиційними механічними методами, він стає тонким і розтягується [1–3]. При цьому особливої деформації зазнає верхній шар металу, що приводить до порушення його структури та цілісності, рис. 1. Магнітно-імпульсні методи позбавлені перерахованих недоліків, тому що взаємодія магнітного поля з індукованим струмом приводить до деформації металу збудженими електродинамічними зусиллями, які можуть діяти рівномірно по всій товщині металу. Саме тому прогресивні магнітно-імпульсні методи мають перевагу перед традиційними. При цьому в результаті магнітно-імпульсної дії в металі виявляється ефект *гіперпластичності*. Його суть – при дії короткочасних імпульсних навантажень відносні деформації металевих зразків можуть доходити до 200% (рис. 1,а) [4].



а)

в)



б)

г)

Рисунок 1. Деформація листового металу:
а) високошвидкісне магнітно-імпульсне деформування листа алюмінію; б) формування листового металу традиційним методом; в) задня панель автомобіля Ford після формування традиційним методом; г) магнітно-імпульсна формовка

Постановка задачі: аналіз основних виробничих та ремонтних операцій з використанням енергії імпульсних магнітних полів, що створюють основи розвитку нового напрямку у магнітно-імпульсній обробці металів й дозволяє розробляти новітні технології виробництва та ремонту засобів транспорту та створювати відповідне обладнання.

Технології з використанням енергії імпульсних магнітних полів. Магнітно-імпульсні технології дозволяють успішно реалізувати операції зварювання, з'єднання металу з керамікою, склом, пластмасами та ін. [1, 5]. Існує загальноприйнята класифікація виконання технологічних операцій, що ділить їх на три основні групи.

1. Об'єднує виробничі процеси, що здійснюються за схемою «обтиск». У цьому випадку заготівку, яку треба обробити, розміщують у внутрішній порожнині індуктора. Сили магнітного тиску спрямовані до осі системи.

2. Включає в себе операції, що виконуються за схемою «роздача». Індуктор розміщують у внутрішній порожнині заготівки, що підлягає деформуванню. Сили магнітного тиску спрямовані від осі системи.

3. Включає в себе операції за схемою «плоске листове штампування». Індуктор і заготівка, що підлягає обробці, являють собою паралельні плоскі фігури, розділені ізолюючою прокладкою. Сили магнітного тиску спрямовані від індуктора до заготівки.

Розглянемо ще декілька технологічних операцій з використанням енергії імпульсних магнітних полів які виходять за рамки зазначеної класифікації [5].

Зварювальні операції. Вони дозволяють з'єднати як однорідні метали, так і різнорідні. Практично апробоване зварювання з'єднань мідь-алюміній, мідь-цирконій та інші. Для отримання зварного з'єднання необхідно, щоб швидкості зустрічного руху заготівок були максимальними. Тоді при їх зіткненні за рахунок інерційних ефектів утворюється прикордонний шар, обумовлений переносом металу з однієї заготівки в іншу і навпаки.

Магнітно-імпульсний прес. Основними елементами преса є батарея імпульсних конденсаторів, високовольтне джерело живлення, потужнострумовий комутатор (розрядник) і індуктор, поле якого приводить в дію виконавчий орган – бойок. Прес забезпечено системою дозування енергії удару бойком. Його металоємність в 5÷10 разів нижче ніж у існуючих механічних аналогів.

Індукційний нагрів (ІН). В технологіях ремонту застосування ІН дозволяє підвищити якість вирішення багатьох задач, а саме: демонтаж різьбових з'єднань; знаття лакофарбового покриття; виконання поверхневого, зовнішнього рихтування елементів кузовних панелей автомобіля (корпусу літака або корабля) [6]. Дана технологічна операція полягає в наступному: робітник підносить спеціальний виконавчий інструмент – індуктор до області нагріву і вмикає установку на нетривалий час, після чого робить демонтаж. Фізика процесу полягає у тому, що ІН є нерівномірним в зоні дії полів індуктора, тому лінійне теплове розширення металу також є нерівномірним. За рахунок цього відбувається механічне і теплове руйнування корозійного шару, що полегшує його демонтаж.

Ще одним з можливих застосувань ІН є знаття лакофарбового покриття. Найбільш цікавим залишається альтернативне застосування ІН в технологіях поверхневого рихтування неглибоких вм'ятин у металевому корпусі. У випадку якщо викривлення поверхні не обумовлене остаточною деформацією металу, то можливо видалити дефект без пошкодження поверхневого лакофарбового шару.

Зовнішнє магнітно-імпульсне рихтування. Особливий інтерес викликають методи відновлення кузовних та корпусних панелей, що дозволяють здійснювати зовнішнє рихтування без їх розбирання і порушення існуючого захисного покриття. Найбільш яскравими прикладами є безконтактні магнітно-імпульсні методи відновлення тонкостінного металу (зовнішнє магнітно-імпульсне рихтування).

Методи магнітно-імпульсного ремонту і відновлення листового металу мають відмінність, яка особливо яскраво підкреслює їх переваги (актуальність та перспективність) порівняно з відомими традиційними підходами. Вона полягає в тому, що

зусилля, які збуджуються для виконання виробничої операції рихтування елементів кузовних та корпусних панелей транспортних засобів мають кумулятивний характер. Тобто, енергії витрачається стільки, скільки необхідно для проведення рихтування, при цьому сама операція є гнучкою. Це досягається вибором певного значення величини необхідних зусиль.

Новітні магнітно-імпульсні методи ремонту і відновлення листового металу засновані на ефекті притягання металу до індуктора – інструмента магнітно-імпульсного метода. Штучно створюються такі умови, що сили магнітно-імпульсного притягання (сили Ампера та сили, що визначаються магнітними властивостями металу) переважають над силами електродинамічного відштовхування (силами Лоренца). Це призводить до притягання металу та видалення вм'ятин з його поверхні.

Висновки. Проведені дослідження дозволяють сформулювати наступні висновки.

1. Проведено аналіз основних виробничих та ремонтних операцій з використанням енергії імпульсних магнітних полів. Проведений огляд показав, що сучасне промислове виробництво вимагає подальшого розширення переліку виробничих та ремонтних операцій, де магнітно-імпульсні методи мають незаперечні переваги.

2. Розглянуто традиційне застосування індукційного нагріву у виробничих та ремонтних операціях. Розкриті операції обтиску, роздачі, штампування, операції зварювання та ремонтні операції зовнішнього магнітно-імпульсного рихтування.

3. Запропонована і докладно описана область альтернативного застосування систем ІН в технологіях ремонту, таких як демонтаж різьбових з'єднань, знаття лакофарбового покриття, а також видалення неглибоких вм'ятин в металевих корпусних поверхнях.

4. Зазначено, що магнітно-імпульсні методи рихтування дозволяють відстежувати інтенсивність і рівень силової дії, визначати необхідну кількість силових імпульсів і тим самим забезпечувати кумулятивний характер силової дії при виконанні відповідної операції ремонту. Ці методи ремонту дозволяють як створювати необхідні деформації на кузовних та корпусних панелях автомобілів, так і ефективно видаляти з них вм'ятини.

ЛІТЕРАТУРА

1. Туренко А. Н. Импульсные магнитные поля для прогрессивных технологий. Том 3. Теория и эксперимент притяжения тонкостенных металлов импульсными магнитными полями / Туренко А. Н., Батыгин Ю. В., Гнатов А. В.; монография. – Харьков: ХНАДУ, 2009. – 240 с.

2. Гнатов А. В. Научные основы восстановления кузовных панелей автомобилей методами внешней бесконтактной рихтовки: дисс. ... доктора техн. наук : 05.22.20 / Гнатов Андрей Викторович. – Х., 2014. – 391 с.

3. Кузовной ремонт легковых автомобилей: [производственно–практическое издание]. – Минск : Автостиль, 2003. – 272 с.

4. Daehn G. P. Hyperplastic Forming: Process Potential and Factors Affecting Formability / G. P. Daehn, V. J. Vohnout, P. Datta // Superplasticity and Superplastic Forming; [Editors P. B. Berbon, M. Z. Berbon, T. Sakuma, T. G. Langdon]. – Volume 601. – 2000. – P. 247–253.

5. PSTproducts [Электронный ресурс] – 2013. – Режим доступа к сайту: http://www.english.pstproducts.com.

6. Лаборатория электромагнитных технологий [Электронный ресурс] – 2015. – Режим доступа: www.electromagnetic.comoj.com.

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА СИСТЕМ ОЧИСТКИ БАЛЛАСТНЫХ ВОД

Горбов В.М., Митенкова В.С.
Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова (Украина)

Введение. В 2004 г. Международная морская организация (IMO) приняла «Конвенцию по контролю и управлению балластными водами и осадками». Предотвращения загрязнения балластными водами регулируется в документе стандартами D1 и D2, предусматривающими замену и обработку балласта, соответственно [1, 2]. После вступления в силу стандарта D2 в 2017 г. судовладельцы будут вынуждены устанавливать на судах системы очистки балластных вод для выполнения международных требований. Для контроля качества обработки забортной воды разработаны автоматизированные системы мониторинга, контролирующие содержание жизнеспособных микроорганизмов размеров от 10 до 50 мкм в сбрасываемом балласте [2].

Несмотря на то, что стандарт D2 будет введен повсеместно только через два года, спрос на системы очистки балластных вод сформировался еще несколько лет назад и продолжает увеличиваться, т.к. уже действует большое количество локальных ограничений в этой области [3]. По состоянию на 2015 г. на рынке доступно более 50 сертифицированных систем обработки балласта. Преобладают установки, использующие ультрафиолетовую обработку, далее идут системы, где применяются химические методы уничтожения микроорганизмов посредством хлорирования [4].

Актуальность. Вопрос выбора конкретной установки из большого количества доступных вариантов, имеющих соответствующие сертификаты классификационных обществ, является актуальной научно-прикладной задачей, т.к. требует разработки критерия, учитывающего параметры и особенности судна, а также характеристики систем очистки балласта.

Постановка задачи. Целью представленного исследования является выбор критерия эффективности судовых систем обработки балласта, учитывающего особенности данного оборудования.

Результаты исследований. Подробный анализ основных технико-экономических показателей оборудования для обработки балластных вод представлен в статье [5]. В таблице 1 приведены данные по основным системам очистки балласта, сертифицированным классификационными обществами [6].

Таблица 1. Сертифицированные установки очистки балласта

Производитель	Система очистки	Страна	Применяемые технологии
Alfa Laval AB	PureBallast 2.0 &2.0EX	Швеция	фильтрация, ультрафиолетовая обработка, окислительные процессы
Alfa Laval AB	PureBallast 3.0	Швеция	фильтрация, ультрафиолетовая обработка, окислительные процессы
Aqua Engineering Co. Ltd	AquaStar	Южная Корея	фильтрация, ультрафиолетовая обработка
Auramarine Ltd	CrystalBallast	Финляндия	фильтрация, ультрафиолетовая обработка
BIO-UV AS	BIO-SEA	Франция	фильтрация, ультрафиолетовая обработка
COSCO Shipbuilding Industrial Company	Blue Ocean Shield	Китай	обработка в гидроциклонах, фильтрация, ультрафиолетовая обработка
DESMI Ocean Guard AS	Oxyclean	Дания	фильтрация, ультрафиолетовая обработка, озонирование
Ecochlor	ES	США	фильтрация, хлорирование

Продолжение таблицы 1

Erma First	Erma First	Греция	обработка в гидроциклонах, электролиз, электрохлорирование
Evoqua Water Technologies	SeaCURE	Германия	фильтрация, электролиз, электрохлорирование
GEA Westfalia Separator Group GmbH	BallastMaster ultraV	Германия	фильтрация, ультрафиолетовая обработка
Headway Technology Co. Ltd	OceanGuard	Китай	фильтрация, окислительные процессы, электрокаталитическая обработка
Hi Tech Marine	SeaSafe-3	Австралия	нагревание
Hitachi Plant Technologies Ltd	ClearBallast	Japan	фильтрация, флокуляция
Hyde Marine Inc	Hyde GUARDIAN	США	фильтрация, ультрафиолетовая обработка
Hyundai Heavy Industries Co. Ltd	EcoBallast	Южная Корея	фильтрация, ультрафиолетовая обработка
Hyundai Heavy Industries Co. Ltd	HiBallast	Южная Корея	фильтрация, электролиз, электрохлорирование
JFE Engineering Corporation	BallastAce	Япония	фильтрация, хлорирование
Jiangsu Nanjing Machinery Co. Ltd	NiBallast	Китай	фильтрация, мембранная сепарация, деоксигенация
Knutsen Ballast Vann AS	KBAL	Норвегия	ультрафиолетовая обработка
Kuraray Co. Ltd	Microfade	Япония	фильтрация, хлорирование
Mahle Industrial Filtration	Ocean Protection System	Германия	фильтрация, ультрафиолетовая обработка
Mitsui Engineering & Shipbuilding Co. Ltd	FineBallast OZ	Япония	фильтрация, озонирование, кавитационная обработка
Mitsui Engineering & Shipbuilding Co. Ltd	FineBallast MF	Япония	мембранные фильтры
NEI Treatment Systems LLC	VOS	США	деоксигенация
NK Co. Ltd	NK-03 Blue Ballast	Южная Корея	озонирование
Ocean Saver AS	Ocean Saver MarkI	Норвегия	фильтрация, деоксигенация, кавитационная обработка, электродиализная дезинфекция
Ocean Saver AS	Ocean Saver Mark II	Норвегия	фильтрация, электродиализная дезинфекция
Optimarin AS	OBS	Норвегия	фильтрация, ультрафиолетовая обработка
Panasia Co. Ltd	GloEn-Patrol	Южная Корея	фильтрация, ультрафиолетовая обработка
Resource Ballast Technologies (Pty) Ltd	Resource Ballast	South Africa	фильтрация, кавитационная обработка, озонирование, электролиз, электрохлорирование
RWO	CleanBallast	Германия	фильтрация, электролиз, электрохлорирование
Samsung Heavy Industries Co. Ltd	Purimar	Южная Корея	фильтрация, электролиз, электрохлорирование
Severn Trent Services	BALPURE	США	фильтрация, электролиз, электрохлорирование

Продолжение таблицы 1

Shanghai Cyeco Environmental Technology Co. Ltd	Cyeco	Китай	фильтрация, ультрафиолетовая обработка
SunRui Marine Environment Engineering Co.	BalClor	Китай	фильтрация, электролиз, электрохлорирование
Techcross	Electro-Cleen	Южная Корея	электролиз, электрохлорирование
Trojan Marinex	Trojan Marinex BWT	Canada	фильтрация, ультрафиолетовая обработка
Wartsila Water Systems Ltd	Aquarius EC	Финляндия	фильтрация, электролиз, электрохлорирование
Wartsila Water Systems Ltd	Aquarius UV	Финляндия	фильтрация, ультрафиолетовая обработка
Wuxi Brightsky Electronic Co. Ltd	BSKY	Китай	фильтрация, ультрафиолетовая обработка
21st Century Co. Ltd	ARA Plasma	Южная Корея	фильтрация, ультрафиолетовая обработка, плазменная обработка

Как видно из таблицы 1, наиболее распространенным механическим методом обработки балластных вод является фильтрация, физическим – ультрафиолетовая обработка, химическим – хлорирование и электрохлорирование.

Среди различных технологий очистки балласта только в одной установке применяется нагрев – SeaSafe-3 (производитель Hi Tech Marine, Австралия). Концепция, предложенная производителем, заключается в подаче балластной воды для второго контура системы охлаждения главного и вспомогательного двигателей, т.е. обработка воды производится на ходовом режиме за счет использования вторичных энергоресурсов. Среди преимуществ такого технического решения производитель указывает полную автоматизацию данной системы и эксплуатационные затраты на уровне 0,2 центов/т [7]. Основным недостатком данной технологии является усложнение балластной системы и сложность обеспечения качественной обработки, поскольку эффективность уничтожения микроорганизмов зависит от времени и температуры нагрева. Исследования показали, что при поддержании температуры забортной воды на уровне 45°С в течение 4 ч приводит к уничтожению 95% микроорганизмов [8]. Для эффективного уничтожения кишечной палочки, содержание которой также нормируется стандартом D2, необходимо нагревать забортную воду до 80°С в течение 60 с [9]. Обеспечить подобную температуру при использовании воды из систем охлаждения дизельных двигателей представляется затруднительным.

Основными преимуществами использования технологий ультрафиолетового обеззараживания по сравнению с хлорированием являются отсутствие коррозии внутренних поверхностей балластных танков, безопасность для экипажа и окружающей среды, т.к. не используются химически активные вещества для дезинфекции и последующей нейтрализации. К недостаткам данного метода можно отнести высокие дополнительные затраты электроэнергии и недостаточное качество очистки, т.к. УФ-лучи не уничтожают некоторые живые организмы (в основном бактерии и вирусы), ограниченный ресурс ультрафиолетовых ламп, которые надо регулярно менять. Качество очистки зависит от проникающей способности ультрафиолетовых лучей: чем выше загрязненность воды, тем больше должна быть проникающая способность, как следствие затраты электроэнергии увеличиваются, а производительность установки снижается [4, 6].

Использование технологий хлорирования требует наличие на судне отдельных хорошо вентилируемых помещения для безопасного хранения химически активных реагентов, а также персонала, прошедшего специальное обучение. Чаще всего для дезинфекции балласта используется газообразный диоксид хлора (оксид хлора (IV)),

который является эффективным средство для уничтожения живых организмов всех типов, включая болезнетворные бактерии. Количество вещества, добавляемого в забортную воду, зависит от температуры воды и исходного содержания микроорганизмов [10]. Диоксид хлора в судовых условиях обычно получают из хлората натрия, которые реагирует с серной кислотой и пероксидом водорода:

$$2NaClO_3 + H_2O_2 + H_2SO_4 \rightarrow 2ClO_2 + O_2 + 2H_2O + Na_2SO_4$$

Данные химические вещества представляют опасность для окружающей среды и здоровья человека в случае утечки в аварийных ситуациях. Перед сбросом за борт остаточный хлор надо нейтрализовать (обычно для этого используется тиосульфат натрия). Преимуществами данной технологии являются низкие затраты энергии и минимальная модернизация балластной системы (в схему включается трубопровод с насосом-дозатором), а также высокая биологическая эффективность, обеспечивающая уничтожение почти всех живых организмов в воде. К недостаткам, кроме опасности для человека и окружающей среды, можно отнести проблемы с пополнением реагентов и коррозионное воздействие на внутренние поверхности балластных танков [10, 11].

Установки очистки балласта характеризуются большим количеством параметров, которые можно разбить на две группы в зависимости от возможности прямой количественной оценки и показатели, оцениваемые качественно. К первой группе можно отнести потребляемую электрическую мощность, размеры оборудования, масса, капитальные затраты и эксплуатационные расходы и т.д., ко второй – безопасность для экипажа, воздействие на окружающую среду, надёжность, оказываемое коррозионное воздействие, биологическая эффективность (качество уничтожения микроорганизмов). Показатели второй группы можно оценить баллами на основе экспертных оценок, либо сравнительных характеристик. Пример сравнения технологий по таким параметрам приведен в таблице 2 [12].

Таблица 2. Сравнения качественных показателей технологий обработки балласта

Метод обработки	Безопасность	Биологическая эффективность	Воздействие на окружающую среду
Фильтрация	4	1	4
Обработка в гидроциклонах	4	1	4
Сепарация	4	1	4
Ультрафиолетовая обработка	4	2	3
Ультразвуковая обработка	3	2	3
Нагрев	3	2-3	4
Биоциды	2	3	1
Озонирование	2	1	3
Плазменная обработка	3	-	-
Деоксигенация	-	2	3
Использование специальных покрытий балластных танков	3	1	2
Комбинированные методы: обработка в гидроциклонах + УФ-облучение	4	3	3

*Обозначения: «-» - значение параметра трудно оценить; 1 – неприемлемо; 2 – плохо; 3 – частично приемлемо; 4 – приемлемо.

Для сравнения, оценки эффективности и выбора той или иной системы обработки балласта следует использовать методы на основе вычисления обобщенных оценок (обобщенного или комплексного критерия). Обобщенный критерий эффективности можно определить, как:

$$W = \sum_{i=1}^{n} a_i w_i ,$$

где a_i – положительные или отрицательные коэффициенты значимости; w_i – частные критерии эффективности [13].

Метод комплексной оценки состоит из следующих этапов [14]:

Этап 1. С помощью одного из методов экспертных оценок находятся веса критериев, представляющие собой числовые оценки их важности [15].

Этап 2. Оценки объектов по критериям приводятся к безразмерному виду. Это преобразование выполняется по-разному, в зависимости от вида и направленности критерия:

– для критериев, подлежащих максимизации, все оценки объектов по данному критерию делятся на максимальную оценку;

– для критериев, подлежащих минимизации, из оценок по данному критерию выбирается минимальная, и она делится на все оценки объектов по данному критерию;

– для словесных критериев выполняется переход к числовым оценкам.

Этап 3. Определяются веса критериев, отражающие разброс оценок.

3.1. Средние оценки по каждому критерию:

$$P_i = \frac{1}{N}\sum_{j=1}^{N} P_{ij}, \qquad i = 1,\ldots,M,$$

где M – количество критериев; N – количество объектов; P_{ij} – безразмерные оценки.

3.2. Величины разброса по каждому критерию:

$$R_i = \frac{1}{N \cdot P_i}\sum_{j=1}^{N} \left| P_{ij} - P_i \right|, \qquad i = 1,\ldots,M.$$

3.3. Сумма величин разброса:

$$R = \sum_{i=1}^{M} R_i .$$

3.4. Веса критериев, отражающие разброс оценок:

$$Z_i = \frac{R_i}{R}, \qquad i = 1,\ldots,M.$$

Этап 4. Обобщенные веса критериев, учитывающие мнение экспертов и разброс оценок объектов по данному критерию:

$$W_i = \frac{V_i + Z_i}{2}, \qquad i = 1,\ldots,M.$$

где V_i – веса критериев.

Этап 5. Взвешенные оценки объектов (безразмерные оценки умножаются на веса соответствующих критериев):

$$E_{ij} = P_{ij} \cdot W_i, \qquad i = 1,\ldots,M, \qquad j = 1,\ldots,N.$$

Этап 6. Определяются комплексные оценки объектов (суммы взвешенных оценок):

$$E_i = \sum_{i=1}^{M} E_{ij}, \qquad j = 1,\ldots,N.$$

В зависимости от важности тех или иных показателей установок очистки балласта для конкретного судна наилучший альтернативный вариант может изменяться. Поэтому достаточно важной является разработка методов структуризации задачи, которые предоставят возможность обосновать правильность выбора для одного или группы достоверных «сценариев» [16].

Выводы. Обоснование выбора систем очистки балластных вод должно проводиться с учетом комплексного критерия эффективности, разработанного для каждой из систем и реальных условий эксплуатации судна.

Предварительный анализ эффективности систем очистки балластных вод показал, что, к примеру, из-за высоких энергетических затрат и массогабаритных показателей использование установок на базе технологий ультрафиолетового обеззараживания при

модернизации существующих судов является достаточно затруднительным. Рационально вписать подобные установки в машинное отделение можно только на стадии проектирования новых судов.

При модернизации существующих судов предпочтительно использовать установки на базе технологий хлорирования, характеризующимися низкими энергозатратами и меньшими массогабаритными показателями, особенно на судах, где уже используется хлорирование для дезинфекции хозяйственно-бытовой воды или воды в бассейнах (например, на круизных лайнерах).

Прослеживается перспектива использования на судах принципиально новых технологий обработки воды, таких как плазменная обработка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ballast Water Treatment Systems. Guidance for Ship Operators on Procurement, Installation and Operation [Electronic resource]. – London: Lloyd's Register, 2010. – Mode of access: http://www.cnss.com.cn/uploadfile/2014/0109/20140109093334177.pdf.

2. BWT on Course for Compliance [Text] // Naval Architect. – 2015. – May. – P. 46-48.

3. National ballast water management requirements [Electronic resource]. – London: Lloyd's Register Marine, 2014. – Mode of access: http://www.lr.org/en/_images/213-35818_National_ballast_water_management_requirements_January_2014_V3_tcm155-175149.pdf.

4. Is UV a contender or a pretender? [Text] // Naval Architect. – 2015. – March. – P. 45.

5. Горбов В.М. Анализ технико-экономических показателей при выборе систем обработки балласта / В.М. Горбов, В.С. Митенкова // Научный вестник Херсонской государственной морской академии. – 2014. – № 2. – С. 28-38.

6. Guide to ballast water treatment systems [Electronic resource]. – Colorado: IHS Maritime, 2014. – Mode of access: http://globallast.imo.org/wp-content/uploads/2015/01/IHS-BALLAST-WATER-SUPPLEMENT-2014.pdf

7. http://htmarine.com.au/on_board.html

8. Acomi N., Ghiłă S. Using Heat Treatment of Ballast Water for Killing Marine Microorganisms // Annals of DAAAM for 2012 & Proceedings of the 23rd International DAAAM Symposium. – Vienna, 2012. – Volume 23. – No.1. – P. 1115-1118.

9. Yanran Cao, Vilmar Æsøy, Anne Stene1 Ballast Water Analysis and Heat Treatment Using Waste Heat Recovery Systems On board Ships [Electronic resource]. – Colorado: IHS Maritime, 2014. – Mode of access: http://www.scs-europe.net/dlib/2014/ecms14papers/svt_ECMS2014_0058.pdf

10. Lisa Swanson, Tom Perlich, Shipboard Demonstrations of Ballast Water Treatment to Control Aquatic Invasive Species [Electronic resource]. –Matson Navigation Company and Ecochlor, Inc., 2014. – Mode of access: http://www.matson.com/corporate/pdf/ballast_water_management-Swanson-Perlich.pdf

11. Chemical Supply Ports [Electronic resource]. – Mode of access: http://www.jfe-eng.co.jp/en/products/comfortable/marine/mar01.html

12. Željko Kurtela, Pavao Komadina, Application of Hydrocyclone and UV Radiation as a Ballast Water Treatment Method [Text] // Promet – Traffic&Transportation – Vol. 22/ – 2010. – No. 3. – 183-191.

13. Голубев, Н. В. Проектирование энергетических установок морских судов [Текст]: учеб. пособие / Н. В. Голубев. – Л.: Судостроение, 1980. – 312 с.

14. Гудков, П. А. Методы сравнительного анализа [Текст]: учеб. пособие / П. А. Гудков. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2008. – 81 с.

15. Хамханова, Д. Н. Теоретические основы обеспечения единства экспертных измерений [Текст] / Д. Н. Хамханова. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2006. – 170 с.

16. Горбов В.М. Альтернативные топлива в судовой энергетике [Текст] / В.М. Горбов, В.С. Митенкова. – Николаев: НУК, 2012. – 316 с.

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РЕГЕНЕРАТИВНИХ ГТД РІЗНИХ СХЕМНИХ РІШЕНЬ

Горбов В.М., Соломонюк Д.М.
Національний університет кораблебудування імені Макарова (Україна)

Вступ. Газотурбінні установки (ГТУ) завдяки своїй малій масі та габаритам, високій маневреності та легкості в обслуговуванні отримали широке розповсюдження у військовому кораблебудуванні. Впровадженню ГТУ на транспортному флоті перешкоджає їх невисока паливна економічність. Проте досвід використання ГТУ складних циклів показав, що при забезпеченні малих мас та габаритів теплообмінного обладнання ГТУ можуть скласти конкуренцію ДВЗ [1,2].

Актуальність досліджень. Зростання цін на природні палива і жорсткість вимог до економічності ГТУ, вартості, простоти конструкції, надійності й легкості експлуатації приводить до необхідності комплексного вирішення питань вдосконалення газотурбінних двигунів (ГТД) й установок на їх основі. Найбільш простий варіант підвищення економічності ГТД – регенеративний цикл, в якому можливо досягти ККД на рівні 40..42%. Застосування складних газотурбінних циклів: з регенерацією й проміжним охолодженням або з регенерацією та проміжним перегрівом, приводить до істотного підвищення ККД (до 40–50%) вже при порівняно невисоких температурах газу у циклі.

Постановка задачі. При проектуванні енергетичних установок важливим є досягнення потрібного значення ККД, яке може бути задано з урахуванням сучасного рівня техніки, по результатах техніко-економічного аналізу або із загальнодержавних програм.

Методи розрахунків циклу ГТД і визначення його оптимальних параметрів, можливо поділити на дві групи [3,4]. До першої відносяться детальні розрахунки циклу ГТУ з різним ступенем конкретизації опису елементів установки. Їх перевагою є висока деталізація і точність розрахунків. Недоліком – необхідність виконання ітерацій та неможливість представлення показників ГТД від параметрів циклу та його елементів у вигляді аналітичних залежностей, які характерні для другої групи.

Проте, недоліком представлення ККД регенеративного ГТД від параметрів циклу аналітичними залежностями є їх громіздкість та обмеженість деякими частковими випадками, оскільки при їх отриманні було зроблено багато припущень.

Використання обох методів вимагає використання великої кількості параметрів, більша частина яких не має відношення до самого процесу регенерації теплоти.

Тому цілком очевидна необхідність в розробці такого методу розрахунку показників регенеративного циклу ГТД, який при високій точності розрахунку, дозволив би обмежитись тільки аналізом параметрів регенератору і спростив би вибір таких їх значень, які б забезпечили потрібний ККД ГТД.

Результати досліджень. Для визначення параметрів ГТД з регенерацією буде доцільним спочатку виконати розрахунки за спрощеною моделлю, що дозволяє швидко знайти область раціональних значень параметрів циклу та регенератора. Потім провести у даній області детальний розрахунок ГТД із залученням спеціалізованого програмного забезпечення, що враховує характеристики і конструктивні особливості реальних конструкцій елементів газотурбінного двигуна.

Спрощену модель було вирішено розробити таким чином, щоб проектант у процесі аналізу регенеративного ГТД враховував тільки основні параметри регенератора: ефективність (ε), яку запропоновано використати для характеристики регенератору замість ступеня регенерації (r), та коефіцієнт відновлення тиску у регенераторі ($\nu_{\text{р}}$).

Виходячи із аналізу процесів, що відбуваються у ГТД [3], були отримані залежності для визначення ККД (□) та потужності ($N_{\text{е}}$) регенеративного ГТД, які мають наступний вигляд:

$$\eta = f\left(\eta', \varepsilon, \nu_{\text{P}}\right) \quad (1)$$

$$N_e = f\left(N_e', \varepsilon, \nu_{\text{P}}\right) \quad (2)$$

де ККД (□') та потужність (N_e') циклу до введення регенерації можуть бути визначені за допомогою як детальних, так і спрощених моделей.

При аналізі регенеративного циклу за такою моделлю достатньо розрахувати показники безрегенеративного ("базового") циклу. При подальших розрахунках ці величини залишаються постійними, а проектант враховує лише вплив на цикл параметрів регенератора.

Таким чином, на початкових етапах проектування стає можливим підібрати такі параметри регенератору, які б дозволили отримати потрібний ККД газотурбінного двигуна.

Висновки. Отримані залежності, що пов'язують параметри регенеративного циклу і регенератора, в яких енергетичні параметри регенератора зібрані у єдиному комплексі.

Такі залежності можуть бути використані як при проектних розрахунках регенеративних ГТД, так і для рішення задачі модернізації існуючих газотурбінних двигунів шляхом введення регенерації теплоти або заміни старого регенератора на новий.

Обґрунтована доцільність застосування при аналізі регенеративних ГТУ величини теплової ефективності замість ступеня регенерації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Артемов Г.А. Судовые энергетические установки с газотурбинными двигателями [Текст]/. Г.А. Артемов, В.М. Горбов, Г.Ф.Романовский //. Изд. УГМТУ. – Николаев., 1997. – 233 с.

2. Исаков Б.В. Энергетические установки с газовыми турбинами для больших водоизмещающих судов и кораблей [Текст]/ Б.В. Исаков, О.С. Кучеренко, А.А. Филоненко // Судовое и энергетическое газотурбостроение. Научно-технический сборник. Т.2 - Николаев:НПКГ "Зоря"-"Машпроект", НО ИАУ, 2004. - С. 321-327.

3. Арсеньев Л.В. Стационарные газотурбинные установки [Текст]/ Л.В. Арсеньев, В.Г. Тырышкин, И.А. Богов и др. // Машиностроение, Ленингр. отд-ние. – Ленинград, 1989. – 543 с.

3. Теплообменные устройства газотурбинных и комбинированных установок [Текст]/ Н.Д. Грязнов, В.М. Епифанов, В.Л. Иванов, Э.А.Манушин. – М.:Машиностроение, 1985. – 360 с.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ГИДРОДИНАМИКИ И ТЕПЛООБМЕНА В ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТАХ НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ

[1]Горобец В. Г., [2]Панин В.В. [2]Богдан Ю.А., [1]Троханяк В.И.
[1]*Национальный университет биоресурсов и природоиспользования Украины (Украина)*
[2]*Киевская государственная академия водного транспорта им. гетмана Петра Конашевича-Сагайдачного (Украина)*

Введение. Повышенное внимание к проблемам энерго- и ресурсосбережения в наше время вызывает необходимость в создании более совершенного теплообменного оборудования, входящего в состав энергетических установок. С другой стороны, теплообменные аппараты современных энергетических установок должны отвечать все более ужесточающимся требованиям: по надежности работы, минимальному гидравлическому сопротивлению, удобству эксплуатации, компактности, уменьшению массогабаритных показателей и повышению долговечности.

Актуальность исследования. Повышение эффективности кожухотрубных теплообменных аппаратов (ТА), наиболее широко распространенных в промышленности, энергетике на транспорте, благодаря своей простоте конструкции, малому гидравлическому сопротивлению, достаточно высокой эффективности, и долговечности, напрямую зависит от его основного элемента – трубного пучка. Одним из вариантов выполнения трубного пучка с учетом перечисленных требований является компактный пучок, трубки которого образуют ряды и соприкасаются между собой в этих рядах. Ряды трубок образуют каналы с минимальным сопротивлением движению теплоносителя.

Экспериментальные исследования гидродинамики и теплообмена поперечно обтекаемых трубных пучков, достаточно широко раскрыты в монографии [1]. В то же время количество работ посвященных проблематики исследования процессов гидродинамики и тепло- массопереноса в компактных трубных пучках, в частности трубки которого образуют ряды и соприкасаются между собой в этих рядах, ввиду их сложности, весьма незначительно.

Цель работы получение экспериментальных данных процессов, происходящих в каналах исследуемого пучка.

Экспериментальное оборудование. Для проведения исследований создана экспериментальная когенерационная установка с утилизатором теплоты отработанных газов новой конструкции, который установлен на линии газовыпускного тракта поршневого двигателя внутреннего сгорания марки 3Д6 (6Ч15/18). При проведении эксперимента сбор и обработка данных измеряемых параметров осуществляется с помощью автоматизированного компьютерного комплекса, в основу которого, поставлено измерительное оборудование и приспособления предприятий «Регмік» и «Овен».

Поверхность нагрева исследуемого ТА имеет следующие характеристики: диаметр и толщина гладкой трубы -10х1 мм; эквивалентный диаметр межтрубного канала – 9,67 мм; длина трубы - 150 мм; эквивалентный диаметр кожуха –150 мм; суммарная для двух тепловоспринимающих участков поверхность нагрева – 1,602 м^2

Принципиальная схема и общий вид экспериментально-исследовательской установки приведены на рис. 1.

Эксперимент, Результаты исследования. Результаты исследований течения и теплообмена в пучках труб ТА новой конструкции оценивались путем сравнения полученных экспериментальных данных с известными экспериментальными данными других авторов в турбулентном режиме течения. На рис. 2 приведена зависимость числа Эйлера Eu от числа Рейнольдса Re. На рис. 3 при числах Re 3000 ÷ 6000 и Pr=0,73 проведено сравнение полученных и известных экспериментальных данных.

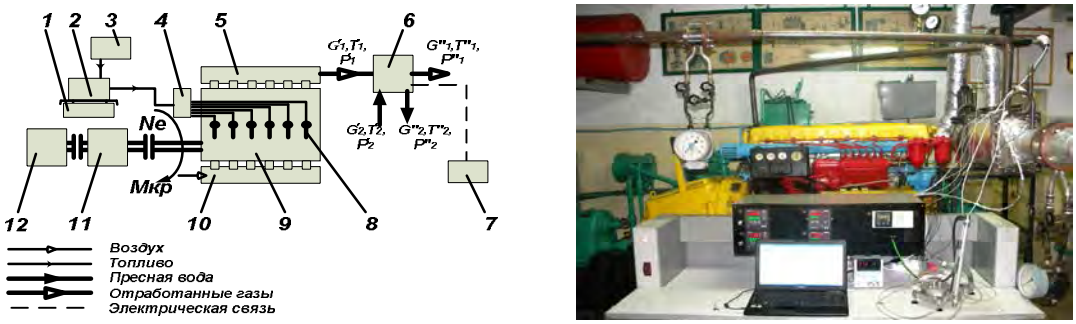


Рисунок 1. Принципиальная схема и общий вид экспериментально-исследовательской установки: 1 – электронные весы; 2 – мерная емкость; 3 – топливный бак; 4 – топливный насос высокого давления ТНВД; 5 – коллектор отработанных газов; 6 – утилизатор теплоты ОГ; 7 – автоматизированный компьютерный комплекс измерительного оборудования и приспособлений; 8 – форсунки; 9 – поршневой двигатель внутреннего сгорания; 10 – коллектор впускного воздуха; 11 – реверс-редуктор; 12 – нагрузочное устройство «гидравлический тормоз»; G, T, P – расход, температура и давление теплоносителей в утилизаторе.

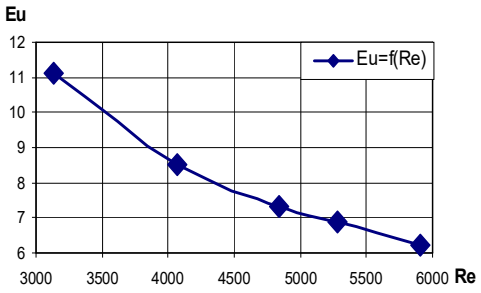


Рисунок 2. Зависимость Eu = f(Re) числа Эйлера Eu от числа Рейнольдса Re

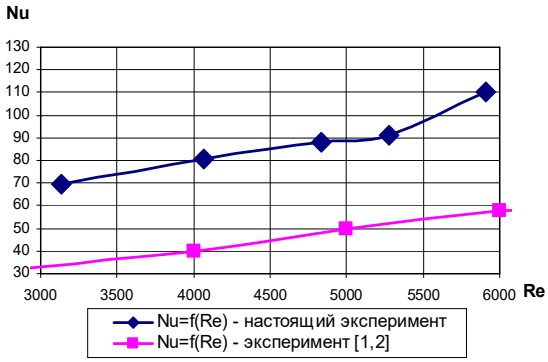


Рисунок 3. Зависимость от числа Re среднего по периметру трубы числа Nu при числе Pr=0,73: верхняя кривая - пакет труб ТА новой конструкции $a \times b = 1{,}0 \times 1{,}5$; нижняя кривая - пакет труб с коридорным размещением труб $a \times b = 2{,}0 \times 2{,}0$

Выводы. Разработано экспериментально-исследовательскую установку, на базе двигателя внутреннего сгорания и создано стенд для измерения теплофизических и гидродинамических параметров теплообменного аппарата – утилизатора теплоты отработанных газов, новой конструкции.

В результате исследований получены:

1. Экспериментальные данные процессов, происходящих в каналах исследуемого пучка и зависимости теплообменных характеристик для сжатых пучков труб, которые применяются в теплообменном аппарате новой конструкции от динамических и теплофизических параметров теплоносителей.

2. Теплообменный трубный пучок, который обладает высокой эффективностью, значение числа Nu для исследуемого пучка вдвое превышает его значение для традиционного пучка с коридорной компоновкой труб.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жукаускас А.А. Конвективный перенос в теплообменниках / А.А. Жукаускас. – Москва: Наука, 1982. – 472 с.

2. Белов И.А. Теплопередача и сопротивление пакетов труб / И.А. Белов, Н.А. Кудрявцев. – Л.: Энергоатомиздат, – 1987. – 223 с.

АДАПТИВНАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ В СУДОВЫХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ

[1]Коберский. В. В., [2]Рожков С.А.
[1]*Херсонский национальный технический университет (Украина)*
[2]*Херсонская государственная морская академия (Украина)*

Интеллектуальные системы речевого управления в технических системах распространены еще недостаточно широко. Это вызвано особенностями их применения, распознавание и классификация голосовых команд, анализ сложных языковых образов, неопределенность языковых параметров в условиях высокого уровня зашумленности на промышленных производствах приводят к неоднозначной идентификации и распознаванию акустического сигнала. Однако, не смотря на все сложности применения, речевые системы управления являются перспективной технологией, позволяющей использовать естественный для человека языковой интерфейс для взаимодействия с интеллектуальными системами управления.

Основными задачами при создании интеллектуальных систем с языковым интерфейсом, предназначенных для работы в условиях повышенных производственных шумов, является [0, 0]:

– исследование и разработка новых технологий распознавания и усовершенствования теоретических моделей анализа акустического сигнала;

– изучение влияния технологических шумов на характеристики акустических сигналов;

– разработка комплекса программного обеспечения, ориентированного на оптимальную фильтрацию акустических сигналов;

Для решения данных задач необходим комплекс исследований в области интеллектуальных систем управления с языковым интерфейсом:

1 Анализ и усовершенствование методов и средств языкового управления технологическими системами.

2 Повышения помехо– и ошибкоустойчивости, стабильности работы интеллектуальной системы управления в условиях производственных шумов и других дестабилизировавших факторов.

3. Изучение влияния производственных шумов на акустические характеристики сигнала и выбор соответствующих типов фильтров, которые обеспечивают фильтрацию входных сигналов.

Существует широкий спектр возможностей применения систем голосового управления в современных системах управления, в том числе и на судах. Это связано с необходимостью обработки больших потоков информации, поступающих от береговых структур к флоту, а также используемых для различных задач управления внутри судна. Внедрение таких систем позволит создать дополнительные контуры управления системами судна, как при обычных условиях эксплуатации, так и в условиях чрезвычайных ситуаций. Однако применения таких систем вызвано недостаточной точностью распознавания речи в условиях повышенных шумов. На данный момент наиболее перспективным методом оптимальной обработки сильно зашумленных сигналов является применением систем цифровой адаптивной фильтрации, параметры которых могут в реальном времени подстраиваться под спектральные, корреляционные и статистические характеристики входного сигнала [0, 0, 0].

Другим важным преимуществом такого подхода является возможность обучения, а также способность адаптации, к обусловленным внутренним дефектам алгоритма обработки. Адаптивные алгоритмы, построенные на этой основе, успешно обнаруживают полезный сигнал в присутствии сильных помех или нестационарных шумов разной

природы и априорно неизвестными свойствами при соотношении сигнал / шум меньше единицы.

Наибольшее распространение получили три основных алгоритма адаптивной фильтрации:

– Алгоритм наименьших квадратов (Least Mean Square, LMS) наиболее эффективен с точки зрения вычислительной сложности и требований к памяти. Однако этот метод владеет медленной сходимостью и дает повышенную дисперсию ошибки в постоянном режиме.

– Преимуществом алгоритма RLS (Recursive Least Square) является быстрая сходимость. Однако достигается это за счет значительно более высокой, по сравнению с алгоритмом LMS вычислительной сложности.

– Алгоритм Калмана и алгоритм RLS является близким по качественным параметрам и вычислительной сложности. Разница заключается в трактовке параметров алгоритмов и начальных посылках, которые использовались при выводе формул.

Из полученных в ходе написания статьи результатов адаптивной фильтрации исходных характеристик и wav–файлов возможно увидеть, что алгоритм Калмана демонстрирует более качественный результат компенсации препятствий с меньшим уровнем остаточных шумов фильтрации.

Применение адаптивного фильтра в значительной степени очищает полезный сигнал от препятствия – сигнал принимает форму, похожую с формой чистого сигнала.

Исходя из вышесказанного, при разработке судовых интеллектуальных систем управления, использующих в своей основе систему распознавания речи, целесообразно применять алгоритмы адаптивной фильтрации для минимизации действия помех, которые имеют спектр, который перекрывается со спектром полезного сигнала. Результаты выполненной работы указывают на уместность применения адаптивного алгоритма Калмана для подавления влияния посторонних факторов в случае высоких значений коэффициента корреляции между шумовой составляющей сигнала и образцом шума.

ЛИТЕРАТУРА

1. Адаптивные фильтры: Пер. с англ. / Под ред. К.Ф.Н. Коуэна и П.М. Гранта. – М.:Мир, 1988.- 392с

2. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов: учебник для вузов. – 2–е изд. – СПб.:Питер, 2006.

3. Juang-B-H. Speech Recognition in Adverse Environments. Computer Speech and Language. vol. 5, pp. 275-294.

4. Drucker H. Speech Processing in a High Ambient Noise Environment. IEEE Trans. On ASSP, ICASSP-76, pp.251-253.

5. Frasier R.E. , etc. Enhancement of Speech by Adaptive Filtering. Proc.1976 IEEE Int. Conf. ASSP, ICASSP-76, pp.251-253.

ХЕМОТРОННАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА РАЗВИТИЯ ПРЕДАВАРИЙНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СУДОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

[1]Колебанов А.К., [2]Чаусовский Г.А.
[1]*Херсонская государственная морская академия (Украина)*
[2]*Запорожский национальный университет (Украина)*

Новизной разработанной системы является применение комплекса электрохимических интеграторов, на вход которых поступают электрические сигналы от сенсоров генераторного типа, регистрирующих развитие потенциально опасных процессов при эксплуатации различного оборудования морских судов. По сравнению с традиционными электронными приборами у них есть ряд преимущества. Таковыми, прежде всего, являются компактность и многофункциональность жидкостных элементов, где в небольшом объеме может происходить одновременно и с разной скоростью множество разнообразных физико-химических процессов. Кроме того, эти системы надёжны и обеспечивают возможность изменения своей внутренней структуры, то есть внутреннего управления[1]. Любой цифровой прибор зависим от внешнего питания и может по этой причине нерогнозируемо прекратить свое функционирование при обесточивании, что вносит ограничительный аспект в их применение для непрерывного мониторинга развития предаварийных процессов.

Выбор в качестве регистраторов контролируемых показателей электрохимических интеграторов обусловлен тем, что им присущи следующие функциональные возможности:
-исключение необходимости использования для регистрации контролируемых показателей внешних источников питания:

-«запоминание» интегрального показателя контролируемого параметра без потребления электрической энергии из внешних источников;

-представление контролируемой информации в удобной для визуального восприятия форме гистограмм, что позволяет оперативно выявить доминирующий фактор инициирования развития предаварийных процессов в различных технических системах морских суден;

-герметичность и механическая прочность регистраторов, что наделяет их функцией «черного ящика», расширяющего возможности объективного выяснения причин возникновения аварий при эксплуатации судового оборудования.

Использование в разработанной системе сенсоров именно генераторного типа позволяет наделить её функцией независимости от энергетической системы судна. При аварийном выходе из строя электрических генераторов судна, хемотронная система регистрации продолжает функционировать ввиду её автономности и исключения необходимости потребления электрической энергии из внешних источников для обеспечения её работоспособности.

В качестве сенсоров генераторного типа используются следующие преобразователи:

-пьезоэлектрические регистраторы вибраций, деформирования, механических ударных нагрузок, теплового расширения механических оболочек, изменения контролируемого уровня жидкости, разрыва защитных мембран, срабатывания электрических автоматов и клапанов;

-термоэлектрические преобразователи для регистрации температурных параметров;

-фотоэлектрические элементы (фотодиоды) для регистрации оптических параметров;

-гальванометрические сенсоры регистрации уровня электролитов, амплитуды механических перемещений, вибраций, дилатометрических показателей;

-электродинамические сенсоры частоты вращения роторов электрических машин;

-электрохимические сенсоры генераторного типа для регистрации появления электрических потенциалов на корпусах электрооборудования;

-электретные сенсоры динамических показателей электромеханических систем;

-электродинамические акустические сенсоры.

Подача выходного электрического сигнала каждого из вышеперечисленных сенсоров на вход соответствующего электрохимического интегратора сопровождается активацией следующих электрохимических процессов.

При прохождении электрического тока через электролит интегратора, на его катоде выделяется некоторое количество водорода, которое пропорциональное интегрированной величине времени и амплитуды выходного электрического сигнала сенсора. Одновременно такое же количество водорода поглощается на аноде интегратора. При этом за счет увеличения давления в катодной области происходит перемещение индикаторного столбика жидкости по стеклянному капилляру, соединяющему анодную и катодную камеры интегратора. Отсчет по цифровой шкале электрохимического индикатора величины длины перемещения его индикаторного столбика позволяет получать информацию, характеризующую интегральный показатель генерируемого сенсором информативного показателя.

Индикаторный столбик электрохимического интегратора перемещается при появлении выходного электрического сигнала сенсора (т.е. при развитии начальных стадий предаварийных процессов) и неподвижен при режиме работы судового оборудования, соответствующего показателю «норма».

Предложенная система позволяет в автономном режиме не только регистрировать развитие самых начальных стадий предаварийных процессов, но и осуществлять полисенсорный принцип аварийного сигнального оповещения.

Капилляр электрохимического интегратора снабжен позиционно устанавливаемыми электрическими контактами, которые замыкаются перемещаемым электролитным индикаторным столбиком. Включение эти контактов в цепь управления акустическими световыми и обонятельными (Колебанов А., Чаусовский Г., 2013) сигнальными системами обеспечивает осуществление своевременной полисенсорной сигнализации о развитии предаварийных процессов в конкретной технической системе морского судна.

Сигнальная информация способствует оптимизации организационных и технических мероприятий, направленных на своевременное предотвращение развития предаварийных процессов.

Таким образом, разработанная хемотронная система расширяет возможности своевременного реагирования экипажа морских суден на развитие начальных стадий предаварийных процессов судовых механизмов и оборудования, что имеет существенное практическое значение для обеспечения их безаварийной эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воронков Г. Я., Гуревич М. А., Федорин В. А. Хемотронные устройства, — М., 1965.

УЧЁТ ИЗМЕНЕНИЯ НАГРУЗКИ НА ДИЗЕЛЬНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ ПРИ РАЗВОРОТЕ ВИНТОРУЛЕВОЙ КОЛОНКИ

Колесник Д.В.
Морское инженерное бюро (Украина)

В составе судовых пропульсивных комплексов ВРК применяются уже несколько десятков лет [0], но до сих пор не разработана научно обоснованная полная методика расчёта нагрузок, учитывающая все особенности пропульсивных комплексов с ВРК.

В традиционной пропульсивной установке с винтом фиксированного шага дизель работает по винтовой характеристике. При этом потребляемая винтом мощность зависит от двух параметров – частоты вращения винта и скорости судна. При использовании ВРК появляется ещё третий параметр – угол поворота ВРК.

Влияние угла поворота ВРК на винтовую характеристику мало изучено. Режим работы винта в косом потоке приводит к изменению гидродинамических характеристик гребного винта и в частности к изменению потребляемой им мощности.

Общеизвестно, что по мере увеличения угла скоса потока момент на валу увеличивается, но мы можем предположить, что при некотором, достаточно большом угле, произойдёт срыв потока, приводящий к колебательному изменению момента с последующим резким падением его значения, что необходимо учитывать при проектировании и эксплуатации пропульсивного комплекса.

Для небольших углов скоса потока увеличение момента на валу можно объяснить уменьшением осевой составляющей скорости набегающего потока, а, следовательно, уменьшением абсолютной величины относительной поступи гребного винта, обуславливающим рост коэффициента момента. При больших углах скоса потока к указанному обстоятельству прибавляется и то, что боковая составляющая скорости набегающего потока, оказываясь одного порядка с аксиальной, существенно изменяет вихревую систему обтекания гребного винта, что и приводит к резкому увеличению крутящего момента.

В литературе работа винта в косом потоке, как правило, рассматривается применительно к катерам и судам с наклонным гребным валом или постоянным дифферентом на корму. Например, Басин А.М. приводит методику, позволяющую определить гидродинамические характеристики винта для углов скоса потока не превышающих 20° [0].

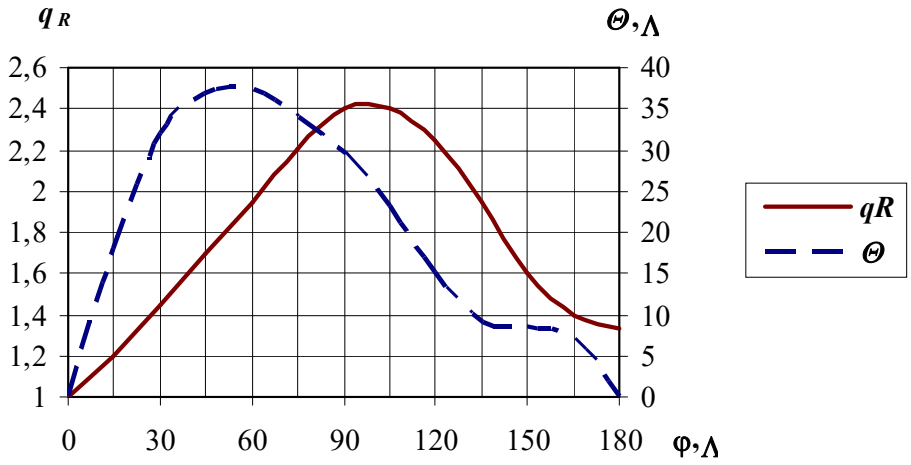


Рисунок 1. Зависимость величины упора винта q_R и направление упора винта N_p от угла скоса потока φ

Гофман приводит методику, основанную на испытаниях, проводившихся в Дуйсбургском опытовом бассейне и позволяющую определить величину и направление

упора винта в зависимости от угла скоса потока в диапазоне от 0 до 360° [0]. Также приводятся графики для определения наибольшего возможного момента на валу гребного винта. Указывается, что это наибольшее увеличение момента на валу гребного винта примерно соответствует углам натекания потока 135° и 225°. Однако, данные для определения момента на валу гребного винта при любом угле натекания потока, к сожалению, отсутствуют.

По этой методике были проведены расчёты для винтов аналогичных используемым на судах типа “Армада” (диаметр гребного винта D = 1,95 м, шаговое отношение H/D = 1, частота вращения n = 5,12 $с^{-1}$), и определены величина и направление упора винта в зависимости от угла скоса потока, а также наибольший момент на валу гребного винта в предположении, что частота вращения винта и скорость набегающего потока остаются постоянными.

Расчёты показали, что максимальная результирующая сила возникает при угле ок. 28° и превышает номинальный упор в 2,4 раза.

Максимальный момент на валу гребного винта превышает номинальный в 1,8 раза.

Естественно для разработки методики учёта изменения нагрузки на дизельный двигатель при развороте ВРК необходимо знать не только максимальный момент на валу, но и как именно изменяется этот момент при развороте ВРК, для чего планируется провести эксперимент.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лебедев Э.П. и др. Средства активного управления судами. – Л.: Судостроение, 1969. – 264 с., ил.

2. Басин А.М., Анфимов В.Н. Гидродинамика судна. Л., Речной транспорт, 1961.

3. Гофман А.Д. Движительно-рулевой комплекс и маневрирование судна. Справочник. – Л.: Судостроение, 1988.-360 с.

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ ТЕРМОАКУСТИЧНИХ ДВИГУНІВ ТА СИСТЕМ

Коробко В.В.
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова (Україна)

Вступ. Потреби сучасного суспільства в енергії в основному задовольняються за рахунок енергетичних установок з тепловими двигунами. Такі установки найбільш ефективні за умов споживання високотемпературних джерел теплової енергії. Але, в разі наявності низькотемпературних вторинних або відновлювальних енергоресурсів, ефективність традиційних схем суттєво зменшується. Залучення термоакустичних теплових машини (ТАТМ) – двигунів (ТАД) та рефрижераторів (ТАР) може стати альтернативою традиційним технічним рішенням.

Постановка задачі. Практичне використання будь яких технічних засобів потребує проведення комплексу проектних робіт. Методологія проектування передбачає певну послідовність дій: аналіз інформації, її обробку, генерування нових ідей та синтез нових рішень. Наразі не існує сталих рішень щодо проектування ТАТМ, так і технологічних систем на їх основі. Мета наявної роботи - розробка підходу до проектування ТАТМ систем утилізації низькотемпературних теплових ресурсів, який має враховувати особливості процесів теплообміну та енергоперетворення в їх елементах.

Результати дослідження. На рис. 1 наведена принципова схема термоакустичної системи утилізації низькотемпературних ВЕР. Сукупність теплообмінників та пористої матриці (стеку або регенератора) являють собою основний енергогенеруючий елемент ТАД - модуль термоакустичних перетворень (МТП).

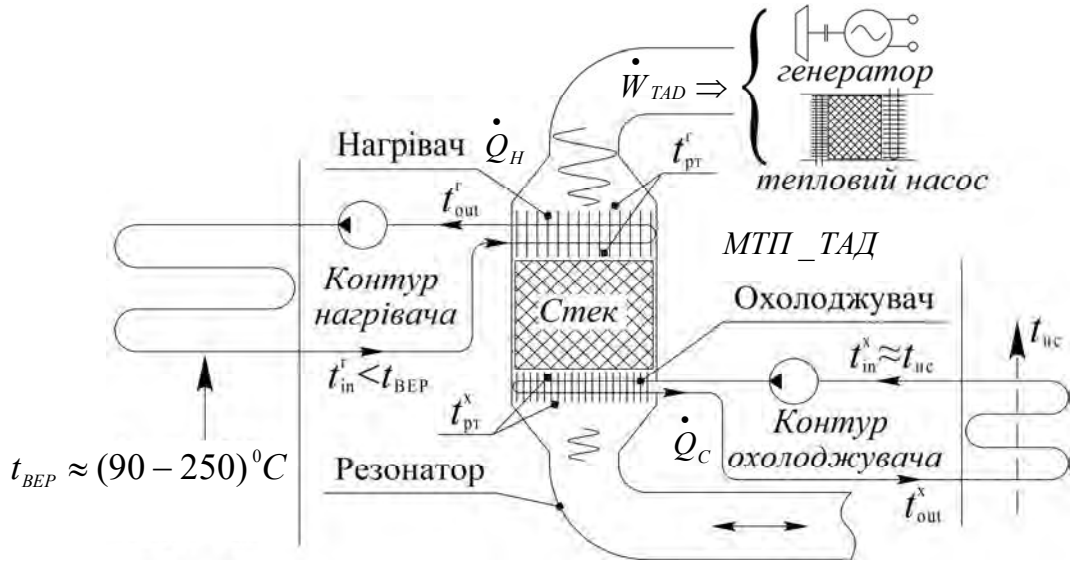


Рисунок 1. Принципова схема системи утилізації ВЕР з допомогою ТАТМ [1]

Потрібний для роботи ТАД повздовжній градієнт температури в матриці створюють теплообмінники - нагрівач та охолоджувач. В разі досягнення певної різниці температури в об'ємі матриці самочинно виникають акустичні пульсації. Оскільки ТАД є резонансною системою, енергія акустичних хвиль сягає великих значень.

Оскільки механічна енергія в резонаторі ТАТМ існує у формі звукової хвилі, то найбільш просто її споживати з допомогою ТАР (або термоакустичного теплового насосу). Також корисним навантаженням можуть бути спеціальні електрогенератори п'єзоелектричні, електродинамічні та інше [1,3].

Згідно теорії термоакустики [1] акустична потужність ТАД може бути визначена, як

$$\dot{W}_{TAD}^{MTП} = \frac{1}{4}\prod \delta_K L_s \frac{(\gamma-1)\varpi(p_S)^2}{\rho_m C^2 (1+\varepsilon_S)}\left(\frac{\Gamma}{\left(1+\mathrm{Pr}^{1/2}\right)\Lambda}-1\right) - \frac{1}{4}\prod \delta_v L_s \frac{\omega \rho_m u_S^2}{\Lambda}. \quad (1)$$

Очевидно, що потужність ТАД залежить від параметрів матриці, теплофізичних якостей робочого тіла, частоти акустичної хвилі, наявного температурного градієнту [2-5].

Згідно першого закону термодинаміки, цю потужність можна визначити з допомогою теплового балансу. В цьому разі приймаються до уваги характеристики теплообмінників, коефіцієнт теплообміну, наявні температурні напори [4].

$$\dot{Q}_{HC} = k_1 F_{HEX}^{H}\left(T_H^n - T_{H0}^n\right) \text{ и } \dot{Q}_{LC} = k_2 F_{HEX}^{C}\left(T_{L0}^n - T_L^n\right) \quad (2)$$

$$\dot{W}_{TAD}^{HEX} = \dot{Q}_{HC} - \dot{Q}_{LC} = \frac{k_1\left(F_{HEX}^{H} + F_{HEX}^{C}\right)F_{HEX}^{H}/F_{HEX}^{C}(1-\phi x)\left[T_H^n - (T_L/x)^n\right]}{(1+\phi)k_1 F_{HEX}^{H}/k_2 F_{HEX}^{C} x^{1-n})} \quad (3)$$

Існуючі методики проектування ТАД базуються на характеристиках матриці. Такий підхід є правочинним, за умов можливості регулювання температури нагрівача. Але, коли використовується низькопотенційне тепло з температурою 90-250 ^{0}C, потужність нагрівачів стає вирішальним фактором [2,4]. Нажаль, бракує інформації відносно теплообміну в ТАТМ в умовах виключно пульсуючого руху середовища. Відсутність єдиного узагальнюючого також ускладнює розробку нових рішень. У зв'язку з цим, може стати в нагоді підхід, запропонований в [2,4], коли узагальнюючими параметрами обрано сталу Lautrec - $\mathrm{Lc_k}$ та термов'зкісні функції $\mathrm{f_k}$, $\mathrm{f_v}$ [1].

$$\mathrm{Lc_k} \equiv r_h/\delta_k \text{ и } \mathrm{Nu_T} = h_T r_h/k = 2i(\mathrm{Lc_k})^2\left[\frac{(1-\mathrm{f_v})(1-\sigma)}{(1-\mathrm{f_k})-\sigma(1-\mathrm{f_v})}-1\right] \quad (4)$$

Висновок. В процесі проектування ТАД блок теплообмінників та матриці доцільно розглядати як єдиний елемент, оскільки характеристики його складових взаємопов'язані.

Особливості теплофізичних процесів в пульсуючому середовищі вимагають спеціальних підходів до проектування теплообмінників.

На поточний момент бракує даних щодо теплообміну в умовах потужних акустичних коливань, які мають місце у внутрішніх порожнинах резонаторів ТАД. У зв'язку з цим доцільним є проведення додаткових експериментальних досліджень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Swift G.W. Thermoacoustic: A unifying perspective for some engines and refrigerators / G.W. Swift // American Institute of Physics. – 2002. – 300 p.

2. Коробко В.В. Исследование процессов теплообмена и гидродинамики в элементах термоакустических двигателей [Текст] / В.В. Коробко // Авиационно-космическая техника и технологии–2013.–№ 8(105).– С. 123 – 130.

3. Коробко В.В. Можливі шляхи використання термоакустичних теплових машин в системах СЕУ// Науковий вісник Херсонської державної морської академії. №2 (11), 2014 р. – Херсон, ХДМА. - 2014. – С. 69-76

4. Jin Liu. Relationship between Nusselt number and the thermoviscous (Rott) functions [Text] / Jin Liu, S. Garrett // Jornal of Acoustical Society of America –2009. №119 (3). – P.1457-1461.

5. Коробко В.В. Аналіз можливостей вдосконалення термоакустичних теплових машин шляхом раціональної організації процесів теплообміну [Текст] / В.В. Коробко // Авиационно-космическая техника и технологии – 2015.–№ 8(125).– С. 52 – 57.

ОБРОБКА З КІНЕМАТИЧНИМ ПОДРІБНЕННЯМ СТРУЖКИ ПРИ ВИКОРИСТАННІ КОМПЛЕКСНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ АДАПТИВНОГО ТИПУ

Луців І.В., Волошин В.Н., Буховець В.М., Стахурський О.О.
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)

Вступ. Технологічна система лезової обробки, яка, зокрема, включає інструментальне оснащення та затискні пристрої, здійснює взаємозв'язок між заданими характеристиками чинних в процесі різання об'єктів і факторів, власне процесом складної механіко-фізичної взаємодії заготовки і лез інструментів (різанням) і результуючими параметрами обробки. Результуючі параметри визначають ефекти та показники обробки. Серед останніх доцільно вирізняти первинні (точність деталі, якість поверхні, продуктивність обробки, надійність системи), від яких в значній мірі залежні інтегральні показники (енергоємність, економічність та інші) [1, 2]. Як ефективний засіб зменшення перевантажень верстатно-інструментальних систем, підвищення точності і продуктивності різання, забезпечення його вібростійкості та подрібнення стружки може служити комплексне технологічне оснащення адаптивного типу [3]. Воно складається із адаптивної підсистеми затиску та адаптивної підсистеми обробки заготовки (рис.1), які пов'язані між собою і повинні забезпечувати виконання основної функції – забезпечення точної і якісної обробки поверхонь обертання.

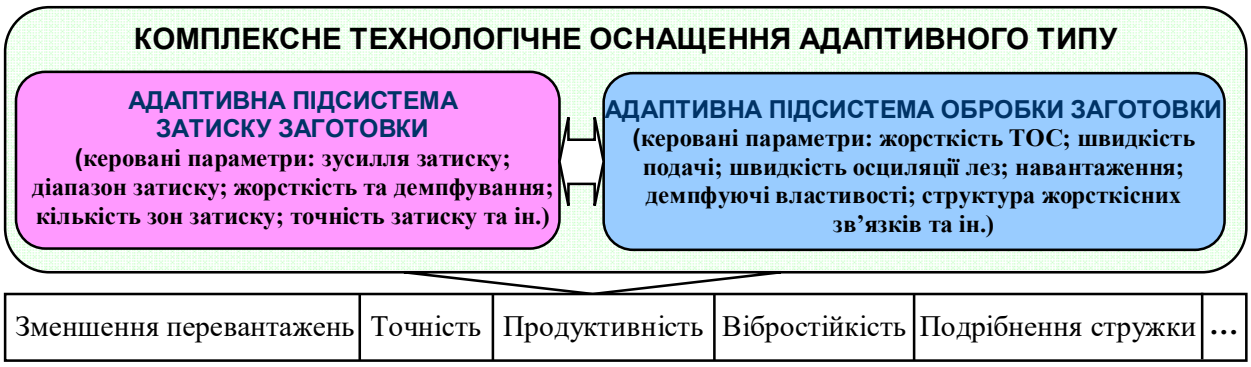


Рисунок 1. Складові самоналагоджувального комплексного оснащення для токарної обробки

Актуальність досліджень. Забезпечення рухомості різальних елементів багатолезового оснащення адаптивного типу в напрямку подачі, а, отже, варіювання миттєвих подач цих елементів і відповідно зміни товщини зрізу, призводить до подрібнення стружки. Найбільш ефективним і надійним способом подрібнення стружки при обробці із застосуванням багатолезового інструментального оснащення адаптивного типу є кінематичне подрібнення [1, 4]. При цьому досягається стабільне утворення елементів стружки розрахованої довжини незалежно від виду матеріалу, а також більшості умов обробки. Можливість гарантованого утворення елементів стружки забезпечується самим механізмом кінематичного міжінструментального зв'язку. Адже коливання різальних елементів системи в напрямку подачі можна задати налагодженням кінематичних міжінструментальних зв'язків (КМІЗ) чи умовами різання, і отримати вимушені взаємопов'язані зворотно-поступальні переміщення різальних лез без додаткової зміни конструкції верстатно-інструментального оснащення. Тому встановлення ступеня впливу міжінструментальних зв'язків на подрібнення стружки при використанні комплексного технологічного оснащення адаптивного типу при забезпечення потрібних показників точності та продуктивності обробки є актуальною науково-технічною задачею.

Постановка задачі. Найбільш суттєвим для формування стружки є товщина зрізуваного шару, значення переднього кута інструменту та швидкості різання [4, 5].

Зливна стружка, наприклад, при дволезовій токарній обробці із КМІЗ, на перший погляд, не відрізняється від стружки, отриманої при звичайному поздовжньому точінні, проте, в дійсності, при обробці із КМІЗ діє ряд факторів, що суттєво впливають на стружкоутворення. Подача при багатолезовому різанні із КМІЗ (для будь-яких видів обробки) поділяється між різальними елементами і є величиною змінною. Таким чином, змінною є і товщина зрізуваного шару кожним різцем, змінюються і кінематичні передні кути різальних елементів. Величина товщини зрізуваного шару є пропорційною величині подачі: $a_{зр} = s\sin\varphi$. Очевидно, що при багатолезовій обробці із КМІЗ товщина зрізу є величиною змінною:

$$a_{зр} = s / n\left[1 + \Delta s_n(t) / s\right] \cdot \sin\varphi,$$

де $\Delta s_n(t)$ - різниця у значеннях миттєвих подач двох сусідніх різальних елементів відповідно до їх слідів.

Ця формула показує, що при багатолезовій обробці стружка виявляється тоншою, ніж при однорізцевій обробці, але змінної товщини. Це створює умови для переходу, при певних умовах, зливної стружки в елементну. Виходячи із цього, пропонується основні кінематичні параметри багатолезового різання із КМІЗ для забезпечення подрібненні стружки отримувати на основі аналізу портретів розгорток обробленої поверхні з траєкторіями руху різальних лез.

Результати досліджень. На основі портретів розгорток обробленої поверхні з траєкторіями руху різальних лез отримані співвідношення між подачами різальних елементів на відповідних етапах утворення стружки при використанні технологічного оснащення адаптивного типу. Досліджена кінематика утворення елементів стружки таким оснащенням показала, що для обробки внутрішніх поверхонь доцільніше використовувати в якості додаткових рухів зворотно-поступальні коливання інструменту, а при обробці зовнішніх поверхонь – зворотно-гойдальні, чи зворотно-поступальні коливання.

Висновки. Проведений аналіз роботи вирівнювальних пристроїв технологічного оснащення адаптивного типу з КМІЗ при багатолезовій обробці виявив їх переваги для дроблення стружки порівняно з існуючими методами. Кінематика утворення елементів стружки підтвердила можливість використання міжінструментлього зв’язку для кінематичного подрібнення стружки за рахунок задання вимушених взаємно-пов’язаних зворотно-поступальних переміщень різальних лез. При цьому гарантоване утворення елементів стружки забезпечується самим механізмом кінематичного міжінструментального зв’язку.

ЛІТЕРАТУРА

1. Технологічне оснащення для високоефективної обробки деталей на токарних верстатах: Монографія / [Кузнєцов Ю.М., Луців І.В., Шевченко О.В., Волошин В.Н.]. – К.:– Тернопіль: Терно-граф, 2011. – 692 с.

2. Зажимные механизмы и технологическая оснастка для высокоэффективной токарной обработки: монография/ [Кузнецов Ю.Н., Драчев О.И., Луцив И.В., Шевченко А.В., Волошин В.Н.]. – Старый Оскол: ТНТ, 2014. – 480 с.

3. Луців І.В. Комп’ютерне моделювання складових самоналагоджувального комплексного оснащення для токарної обробки / І.В.Луців, В.Н.Волошин, В.М.Буховець // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль в машинобудуванні. – 2012.– Випуск 746. – С.28 – 31.

4. Луцив И.В. Эффективные способы дробления сливной стружки / И.В.Луцив, С.Г.Нагорняк // Технология и организация производства. – 1990. – №4. – С.30-32.

5. Максаров В.В. Теория и методы моделирования и управление процессом стружкообразования при лезвийной механической обработке: Дис. … доктора техн. наук: 05.03.01/ Максаров В.В. – СПб, 1999. – 340 с.

АПАРАТ ДЛЯ ОПРІСНЕННЯ МОРСЬКОЇ ВОДИ

Михайлик В.Д., Селіванов С.Є.
Херсонська державна морська академія (Україна)

Розробка відноситься до апаратів для опріснення морських та солоних вод і може бути використано в енергетиці, в хімічній та харчовій технологіях як для опріснення таких вод, так і для їх очистки шляхом дистиляції (випарювання і конденсації). Винахід може використовуватись і на морському транспорті.

Відомий апарат аналогічного призначення, який містить вертикальний корпус випарювача, конденсатор водяного пару, патрубки для підводу і відводу теплоносія, опріснюваної води (патент США № 3843462, кп. 203-11, від 15.04.1974).

Більш близьким по технічній суті являється апарат з вертикальним корпусом випарювача, нижня частина якого занурена в опріснювану воду, змійтовиковий конденсатор, патрубки підводу і відводу теплоносія, опріснюваної води і виводу пару (патент США № 3357898, кл. 202-234, від 12.12.1967).

Недоліки відомих аналогічних апаратів полягають в низький інтенсивності процеса випарювання і в недостатній ефективності опріснення через мало інтенсивний теплообмін в корпусі випарювача, та недостатній вивід солі з води.

Частково ці недоліки усунені в іншому відомому апараті, який містить вертикальний корпус випарювача, нижня частина якого занурена в опріснювану воду і має горизонтальну решітку з насадкою в 2 шари, нижній — в вигляді шару гальки, а верхній виконано в вигляді псевдозріджуваних теплопровідних гранул, з розміщеними в них нагрівними елементами, змійовиковий конденсатор, патрубки підводу і відводу теплоносія та виводу пара і його конденсату (а. с.СРСР. № 713139, МКВ С 02 В1 / 06, В 01 Д1/16, від 01.09.1976, автори Михайлик В.Д. та інші).

Це технічне рішення найбільш близьке до запропонованого. Недоліки цього рішення пов’язані з тим, що його реалізація потребує значних витрат теплової енергії на випарювання води, а конденсатор водяного пару не захищений від механічних пошкоджень, особливо коли опріснення ведеться на плаваючому судні.

В основу даного технічного рішення поставлено задачу створення такого апарату для опріснення морських та солоних вод, який міг би працювати автономно від мережі енергопостачання, використовуючи відновлені енергоресурси, наприклад, енергію сонця, чи вітру, а конденсатор водяного пару був би створений в захисному виконанні від механічних та інших пошкоджень.

Суть розробки пояснюється рисунком, на якому схематично показано запропонований апарат. Апарат містить: вертикальний корпус випарювана 1, насадку в вигляді шару гальки 2, підтримуючу горизонтальну решітку 3, нагрівні елементи 4, які сполучені з сонячною батареєю 5 через патрубки підводу і відводу теплоносія відповідно 6 і 7, відбійну сітку 8, патрубок 9 виводу пара, змійовиковий конденсатор 10, створений відсік 11 з перфорірованими боковими стінками та дном, патрубок 12 виводу дистиляту, теплопроводну легку насадку 13.

Апарат працює наступним чином. В корпус випаровувача 1 на решітку 3 завантажують гальку 2, розміром 20-40 мм, формують її шар, висотою не більше 1/4 від висоти робочої камери випарювача. В корпусі 1 розміщують нагрівні елементи 4, які з’єднані з патрубками підводу 6 і відводу 7 теплоносія від сонячної батареї 5 (через гнучкі сільфони на рис. без номера).

Через верхню горловину корпуса, при знятій відбійній сітці 8, в корпус 1 завантажують теплопровідну легку насадку 13, наприклад , алюмінієві гранули розміром 2-5 мм. Корпус випаровача 1 встановлено на опріснюваній воді, а нижня зона 2 шару гальки занурена в воду. Випаровувач 1 може бути встановлено, на плаваючому судні. Така компоновка шару гальки 2 дозволяє реалізувати роботу апарата без трубопроводу

оброблюваної води.

Завдяки шару гальки 2 вода рівномірно розподіляється по нижній частині випарювача і підходить до нього, що забезпечується порізністю шару гальки. Надходження води в корпус випарювача самозабезпечується за рахунок ефекту капілярного насосу, створюваного як шаром гальки, так і нагрівом насадки 13 від нагрівних елементів 4. Вода починає поступати в шар насадки 13, нагрівається і випарюється за рахунок тепла насадки. Верхня частина шару насадки псевдозріжується під дією створеного пару, в результаті чого забезпечується інтенсивний тепломасообмін в шарі насадки 13. Одержаний водяний пар через відбійну сітку 8 (або каплевловлювач) по патрубку 9 поступає в конденсатор 10 в вигляді змійовика, зануреного в оброблювану воду. З конденсатора одержаний дистилят опрісненої води відводиться з відсіку 11 по патрубку 12, який розміщений перед корпусом апарату.

Для спрощення та покращення відводу солі з корпусу 1 на шар насадки 13 періодично накладають вібрації, наприклад, від вібростенда (на рис.не показано) через нагрівні елементи 4, які для цього оснащені гнучкими сільфонами і підпружинені (на рис. без номера). З шару гальки 2 сіль легко виводиться завдяки порозності шару та вимиванню солі водою. Для отримання побочного продукту в вигляді сухої морської солі схема апарату може бути доповнена циркуляційним пневмотранспортером з циклонним пилевловлювачем, згідно з нашим прототипом.

Важливою відзнакою даного апарату являється розміщення конденсатора водяного пару 10 в спеціально створеному нижньому відсіку випаровувача. При цьому бокова поверхність та дно відсіку виконані перфорірованими з діаметрами отворів відсіку 11 та решітки 3 менше мінімального розміру гальки. Ці відзнаки забезпечують захисне виконання конденсатора, від його механічних пошкоджень, і запобігають випадінню гальки з шару 2, та через отвори перфорацій відсіку.

Попередні напрацьовки показують, що обростання конденсатора солями незначне, можливе опріснення морської води за даною схемою, і очікується її економічна та екологічна ефективність.

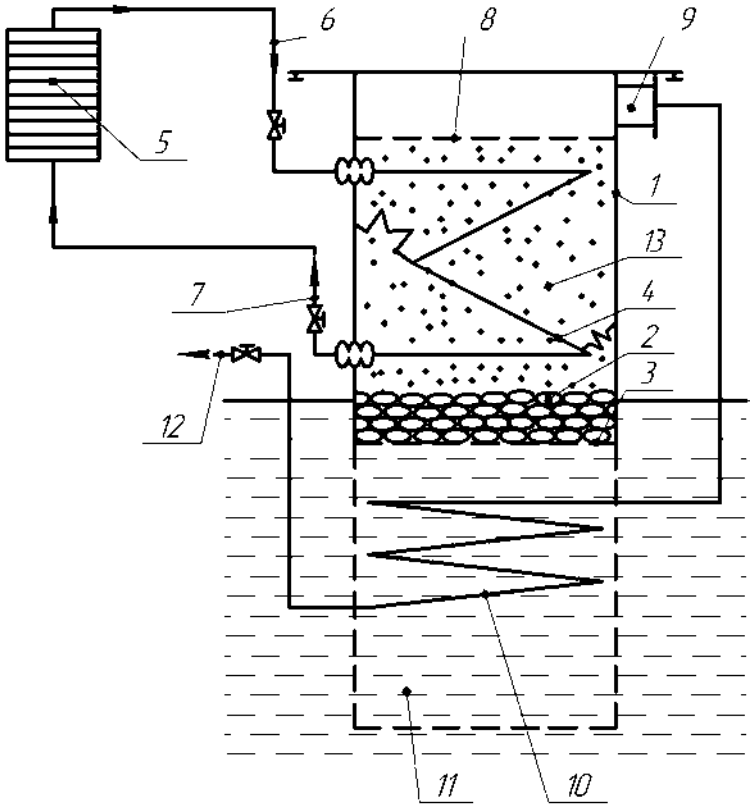


Рисунок 1. Апарат для опріснення морської води

ІДЕНТИФІКАЦІЯ ЛИТИХ ДЕТАЛЕЙ ЯК ОБОЛОНКОВИХ КОНСТРУКЦІЙ

[1]Муль О.В., [2]Дорошенко В.С.
[1]*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)*
[2]*Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України (Україна)*

Вступ. Важливою умовою правильного конструювання литих металевих деталей є зниження їх ваги при збереженні необхідної міцності. Ідеальним обрисом для арок і куполів, елементи яких мають люки, дощоприймачі, горизонтальні решітки, тощо, слугує перевернута ланцюгова лінія.

Актуальність досліджень. Однорідна арка у формі перевернутої ланцюгової лінії сприймає лише деформації стиснення, але не вигину. Відомим методом моделювання опорної поверхні безмоментної склепінчастої оболонки криволінійної поверхні є метод інверсії гнучких висячих сіток, вигнутих з плоского стану дією сили тяжіння. Зокрема, саме таку сітчасту павутину, що звисала зі стелі, застосовував архітектор А. Гауді.

Постановка задачі. Суть моделювання даним методом полягає в наступному: сили стиснення прирівнюються до сил розтягування, причому купол імітують в перевернутому вигляді. Мотузки з вантажами відповідають уявним куполам, колонам, стінам. Якщо стіни мають товщину в пів цеглини, то на мотузці через кожні 5 см кріпляться свинцеві важки по 10 г, якщо ж у цілу цеглину – то важки по 20 г. При цьому одержується ланцюг із вантажів. При встановленні купола на 6 колон до стелі підвішуються 6 таких масштабованих ланцюгів і до їх кінців кріпляться мотузки з вантажами пропорційно вазі купола. У підсумку отримується "ланцюговий" прогин і залишається лише змалювати його форму, зафіксувати пропорції та перевернути картинку. Якщо ж на купол ставиться статуя, то до центру мотузяної павутини підвішується вантаж, сумірний з цією статуєю. Форма купола при цьому змінюється, він витягується та змінюється кут "колони".

Таким чином, висячі сітки - це спеціальні, гнучкі й достатньо дорогі конструкції, що розтягуються, та з плоского положення яких непросто сформувати дією сили тяжіння оболонку необхідної опуклості при закріпленні їх над отворами довільної форми. Тому для розглянутих конструкцій за аналогією з перевертанням висячих мереж запропоновано моделювання методом перевертання провисаючої нагрітої термопластичної синтетичної плівки.

Результати досліджень. Для досліджень використовували поліетиленову плівку або плівку Севілен 11304-075 (ТУ 6-05-1636-97), що застосовується при вакуумному формуванні для облицювання моделей при її не менш як шестикратному подовженні. Плівка товщиною 0,075-0,1 мм при нагріванні до пластичного стану провисала під власною вагою. Форму литої кришки люка моделювали поліетиленовою плівкою, закріпивши її в отворі та нагріваючи ТЕНом. При провисанні плівки на необхідну відстань її фотографували для подальшої обробки фотографії на комп'ютері. Провисання регулювали зміною температури або відстані нагрівача до плівки, причому для глибокого провисання прийнятними є нагрівачі інфрачервоного випромінювання або технічні фени. Зазначимо що плівка легко кріпиться по краю обрису будь-якої конфігурації.

Висновки. Описана технологія нагрівання відпрацьована для процесу вакуумної піщаної формовки. Тим самим методом моделювали також деталі литого контейнера для захоронення радіоактивних відходів, включаючи конструювання його стінок з полегшуючими вставками з кам’яного мінерального матеріалу.

АНАЛІЗ ТА ІДЕНТИФІКАЦІЯ МЕТАЛЕВИХ ВИЛИВКІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ТЕОРІЇ МІНІМАЛЬНИХ ПОВЕРХОНЬ

[1]Муль О.В., [2]Кравченко О.В.
[1]*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)*
[2]*Міжнародний науково-навчальний центр інформаційних технологій і систем МОН і НАН України*

Вступ. При розробці автоматизованих систем конструювання литих деталей для лиття за газифікованими моделями у вакуумованих піщаних формах необхідно враховувати наступні умови ливарного процесу. З одного боку, матеріал пінопластової моделі є дрібною комірчастою піною, в якій повітря «упаковано» в тонкі полістирольні оболонки. При цьому метал, що заливається на модель як у посудину з піску, заповнену цією піною, газифікує оболонки та заміщує модель. З іншого боку, сухий пісок при вібрації в процесі формовки за властивостями подібний «псевдорідині», що обтікає модель.

Актуальність досліджень. Таким чином, ливарну модель можна розглядати як конструкцію для впливу двох текучих середовищ: перше середовище – це розплав металу, що заміщує модель зсередини, а друге – піщане середовище, що при формуванні та вибиванні форми оточує її поверхню ззовні. Опір тертя текучого середовища по твердій поверхні є пропорційним її площі. Звідси очевидно що найкращі умови заповнення форми металом і піщаною сумішшю навколо моделі матимуть місце при застосуванні мінімальної поверхні деталей моделі.

Постановка задачі. Теорія мінімальних поверхонь є однієї з класичних областей математики але одночасно вона активно розвивається, знаходячись на стику геометрії, топології та варіаційного числення. Існує багато різних мінімальних поверхонь, що ідентифікуються математичними моделями. У вільному доступі також знаходяться комп'ютерні програми адаптації поверхонь до рівня мінімальної поверхні. Наочною реалізацією мінімальної поверхні служить мильна плівка: вона затягує контури різної конфігурації та приймає форму, що відповідає мінімуму потенційної енергії (енергії поверхневого натягу), яка є прямо пропорційною її площі.

Разові моделі з мінімальними поверхнями взаємодіють з піском з мінімальною енергією тертя. При формуванні в контейнері будь-яке їхнє положення дає чіткий відбиток на добре ущільненому навколо них піску, а плавність поверхні покращує заповнюваність форми металом.

Висновки. Принцип мінімальних поверхонь є достатньо ефективним для конструювання систем ливників і надливів, для яких важливою умовою є мінімальна тепловіддача від металу в піщане середовище. З цієї причини ливникові канали рекомендується робити круглими в перетині, тоді як надливи – кулястими, з урахуванням опускання в них металу при живленні виливків, або конічними. Окрім того, наявність мінімальної поверхні в конструкції виливків дозволяє запобігати їх утрудненій усадці при охолодженні в піщаній формі з можливим утворенням тріщин та надлишкових напружень.

КОМПЛЕКСНО ОРИЕНТИРОВАННАЯ РАЗРАБОТКА И ПРОИЗВОДСТВО РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ С УЧЕТОМ МАТЕРИАЛОВЕДЧЕСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

[1]Настасенко В.А., [2]Маляренко А.Д.
Херсонская государственная морская академия (Украина)
Белорусский национальный технический университет (Белорусь)

Введение. Работа относится к области проектирования, производства и эксплуатации режущих инструментов, в частности – к сборным отрезным резцам и дисковым фрезам с механическим креплением неперетачиваемых режущих пластин.

Анализ состояния проблемы, цели и задачи работы. Эволюция режущих инструментов протекает в неразрывной связи с процессами обработки и эволюцией предназначенных для них инструментальных материалов. До первого десятилетия XX века единственным материалом для изготовления режущих инструментов были углеродистые инструментальные стали У10 – У12, содержащие от 1 до 1,2% углерода. Вначале XX века были применены низколегированные стали типа У11Х, содержащие до 1% хрома [1]. Они отличались от прежних углеродистых сталей более высокой прокаливаемостью и возможностью термической обработки в горячих средах, что значительно снижало их коробление и появление трещин. Однако по стойкости и производительности резания они незначительно превосходили углеродистые стали, поскольку их основной стойкостной показатель – теплостойкость (температура, при которой твердость HRC режущих кромок снижается в 2 раза, по сравнению с исходной 62 – 65 HRC), повысилась с 200ºС, лишь до 240ºС [1]. Поэтому растущие мощности и скорости резания, обусловленные переходом от станков с общим приводным валом от паровых машин с ременной передачей, к станкам с индивидуальным электроприводом, привели к потребности дальнейшего совершенствования применяемых материалов.

Значительный прогресс в области инструмента связан с созданием вначале XX века первой высоколегированной инструментальной стали Р18, содержащей 18% вольфрама, 4,5% хрома и 1% ванадия [1]. Впервые она была продемонстрирована на международной выставке 1910 г. в Брюсселе. Ее стали применять также и для отрезных фрез. По сравнению с предшествующими сталями, она имела большие преимущества по теплостойкости (до 630ºС) и износостойкости, что обеспечило значительный скачок в металлообработке в целом и повысило ее производительность. После создания более дешевой стали Р9 с уменьшенным до 9% содержанием вольфрама, которая была дешевле, а по механическим свойствам мало отличалась от стали Р18 и имела более высокую прокаливаемость и равномерную твердость (что снижало выкрашивание режущих кромок в процессе их работы), ее стали широко применять для многих видов режущих инструментов, несмотря на худшую шлифуемость при заточке.

Дальнейшее снижение себестоимости инструментальных материалов связано с созданием стали Р6М5 с 5% добавкой молибдена, а для повышения ее механических и технологических свойств – стали применять дополнительные легирующие элементы: кобальт, никель, титан и другие тугоплавкие металлы [1]. Данные стали были отнесены к быстрорежущим сталям повышенной производительности (марки Р9К10, Р14Ф4, Р9М4К8Ф, Р6М5К5 и другие по ТУ 128-68 и ГОСТ 19265-80, с твердостью после термообработки HRC 63…67 и повышенной до 650 – 670ºС теплостойкостью), которые рекомендуется применять для обработки труднообрабатываемых материалов.

Дальнейший значительный прогресс в области режущего инструмента связан с созданием в 30-е годы XX века спекаемых методами порошковой металлургии твердых сплавов, основу которых составили высокопрочные и жаростойкие карбиды вольфрама (98 – 90%), связанные, для уменьшения их хрупкости, с 2 – 10% кобальта [1], более мягкого и прочного на изгиб и растяжение. Первыми были созданы твердые сплавы ВК2 –

ВК10, применяемые для обработки чугуна и других высокопрочных хрупких материалов. Для обработки вязких материалов – часть карбидов вольфрама заменили карбидами титана (например, в сплаве Т15К6 карбиды титана составляют 15%, кобальт – 6%, остальное – карбиды вольфрама). При работе с ударами содержание кобальта в сплавах повышают (рекомендуемый сплав – Т5К10), а для уменьшения количества дорогостоящих карбидов вольфрама – их замещают карбидами тантала (сплавы ТТК) и никеля (сплавы ТТНК) и др. Современные пути усовершенствования твердых сплавов: 1) уменьшение их зернистости (мелкозернистые – марки М, особо мелкозернистые – ОМ, у которых размеры спекаемых зерен не превышают 1 мкм, что уменьшает поры между зернами и повышает прочность спекания); 2) повышение химической чистоты и однородности смесей; 3) оптимизация условий спекания.

Твердые сплавы обладают более высокой, по сравнению с быстрорежущими сталями, износостойкостью и теплостойкостью, (от 750 до 1100^{o}С) [1].. Они лучше сопротивляются истиранию сходящей стружкой и адгезионному износу, а наиболее эффективны при диффузионном износе, поскольку карбиды вольфрама, титана и тантала, обладающие высокой твердостью и тугоплавкостью (более 2000^{o} С), образуют твердую режущую основу (каркас) сплава. Скорости резания ими и подачи – в 2 – 5 раз выше, чем для быстрорежущих сталей, что повышает производительность. Кроме того, твердосплавный инструмент пригоден для обработки закаленных сталей и многих других труднообрабатываемых материалов, в т.ч. гранита и базальта, применяемых для изготовления станин прецизионных станков, контрольно-измерительных приборов и им подобных изделий, что определяет области его предпочтительного применения [1]. Наиболее эффективны твердые сплавы с многослойными износостойкими покрытиями на базе карбида и кубического нитрида бора и других высокотвердых и теплостойких материалов.

К недостаткам твердых сплавов относят: 1) дороговизну, 2) сложность спекания и обработки, 3) хрупкость, которая в 3 – 5 раз выше, чем у быстрорежущих сталей, 4) небольшие размеры спекания (до 60×60×60 мм) [1], что привело к созданию наиболее прогрессивных в настоящее время – многогранных неперетачиваемых пластин (МНП) и сборных конструкций режущих инструментов, более сложных и дорогих, чем напайные конструкции. Однако эти недостатки компенсирует исключение переточек МНП и многоразовое применение корпусов. При этом к изготовлению и закреплению пластин в корпусе, а также к эксплуатации корпусов, предъявляются все более жесткие требования, которые постоянно растут. В рамках роста спроса, появляется все большее количество разнообразных конструкций инструментов, однако оценить полноту охвата возможных решений, их уровень и определить наиболее перспективные направления развития, без разработки научных основ проектирования, не представляется возможным.

Поэтому *главной целью выполняемой работы и ее научной новизной* является разработка системных методов проектирования и производства МНП для сборных отрезных резцов, дисковых и торцовых фрез. Данная проблема является актуальной, поскольку от нее зависят технико-экономические, а также социально-экологические показатели современного промышленного производства.

Поиск путей решения поставленной проблемы. В настоящее время в сфере промышленного производства получили развитие специальные технологии, которые привели к созданию качественно новых их видов – функционально-ориентированных технологий (ФОТ) [2], основанных на системных подходах и принципах. Однако для предложенных инструментов [3], являющихся новым видом, системные подходы не разработаны, хотя основные принципы ФОТ, учитывающие приспособление изделия к максимально возможным условиям эксплуатации, могут быть применены и к данным инструментам, как к специальному виду изделий.

Особенностью ФОТ [2] является формирование их на основе общих принципов и подходов, с учетом общественных потребностей, что поднимает их на качественно более

высокий уровень. Вытекающий из этого технический уровень ФОТ [2] включает в себя иерархическое структурированное множество, состоящее в целом из 7-ми иерархических подмножеств исполнительных элементов: 1) уровень изделия; 2) уровень частей изделия (сборочных единиц); 3) уровень деталей; 4) уровень рабочих зон детали; 5) уровень макрозон в рабочих зонах; 6) уровень микрозон; 7) уровень нанозон На этих уровнях выделяют составляющие исполнительные (функциональные) элементы, воздействие на которых в технологических операциях строго дифференцированное, в зависимости от функциональных особенностей эксплуатации этого участка, что создаёт возможность полной адаптации всего изделия и его участков к особенностям их эксплуатации и обеспечивает максимальный потенциал их возможностей [2]. Таким образом, ФОТ – это особая технология, основанная на реализации множества алгоритмов топологически точно ориентированного необходимого технологического воздействия орудий и средств обработки в необходимые нано-, микро-, макро- зоны и участки детали и изделия в целом, которые функционально соответствуют условиям эксплуатации каждой из этих зон [2]. Хотя новый класс технологий усложняет процесс изготовления изделий, но он обеспечивает полную совокупность свойств и меру их полезности требованиям их эксплуатации, как потребности общества.

Вместе с тем, в работе [2] не учтен весь жизненный цикл изделий, а лишь его часть – изготовление и эксплуатация. Кроме того, жизненный цикл также включает дополнительные взаимосвязанные этапы: проектирования и конструирования, ремонта и утилизации, схема которых представлена на рис.1.

Рисунок 1. Обобщенная структурная схема жизненного цикла технических систем и изделий и их взаимного влияния

При этом проектирование, конструирование и производство неразрывно связаны между собой и составляют первую триединую проблему, в которой должна быть учтена вторая триединая проблема – эксплуатация, ремонт и утилизация. Решение задачи учета всех значимых факторов и совершенствования структур взаимодействия систем, требуется также для выяснения структуры общественных запросов и возможностей. На этой базе предложена новая структурная схема в виде лепестков, позволяющая их убирать и добавлять, представленная на рис. 2.

Из новой схемы вытекает, что состояние между запросами $З_i^j$ и возможностями $B_i{}^j$, как прогресс $П_i{}^j$, стагнация $C_i{}^j$ и регресс $P_i{}^j$ (1)…(3) оценены несколько иначе, чем в работе [2], в которой проблемное состояние $П_i{}^j$ связано с превышением запросов над возможностями, а опережающее развитие $O_i{}^j$ (прогресс) связано с превышением возможностей над запросами. В предлагаемой новой работе:

1) Как прогресс $П_i{}^j$ оценивается состояние (1), когда запросы $З_i{}^j$ превышают возможности $B_i{}^j$, поскольку именно растущие запросы являются стимулом развития (что также наглядно вытекает из представленной схемы);

2) Как стагнация $C_i{}^j$ оценивается состояние (2), когда запросы $З_i{}^j$ соответствуют возможностям $B_i{}^j$, что способствует застою развития;

3) Как регресс $P_i{}^j$ оценивается состояние (3), когда возможности $B_i{}^j$ превышают запросы $З_i{}^j$, но так и остаются невостребованными, что также наглядно вытекает из представленной схемы, если $З_i^j$ и $B_i{}^j$ в ней меняются местами.

4) Когда запросы *i*-й системы к *j*-й входят в рамки возможностей *j*-й системы по отношению к *i*-й, возможно быстрое решение проблемы $Б_{рп}$ (4).

5) Когда запросы *i*-й системы к *j*-й выходят за рамки возможностей *j*-й системы по

отношению к *i*-й, возникает новая проблема или дополнительный запрос $\Delta З_i^j$, усиливающий потребность прогресса данной проблемной макросистемы (5).

$$З_i^{\ j} > B_i^{\ j} \rightarrow П_i^{\ j} \quad (1)$$

$$З_i^{\ j} = B_i^{\ j} \rightarrow C_i^{\ j} \quad (2)$$

$$З_i^{\ j} < B_i^{\ j} \rightarrow P_i^{\ j} \quad (3)$$

$$З_i^{\ j} \leq B_i^{\ j} \rightarrow Б_{pn} \quad (4)$$

$$З_i^{\ j} > B_i^{\ j} \rightarrow \Delta З_i^j \quad (5)$$

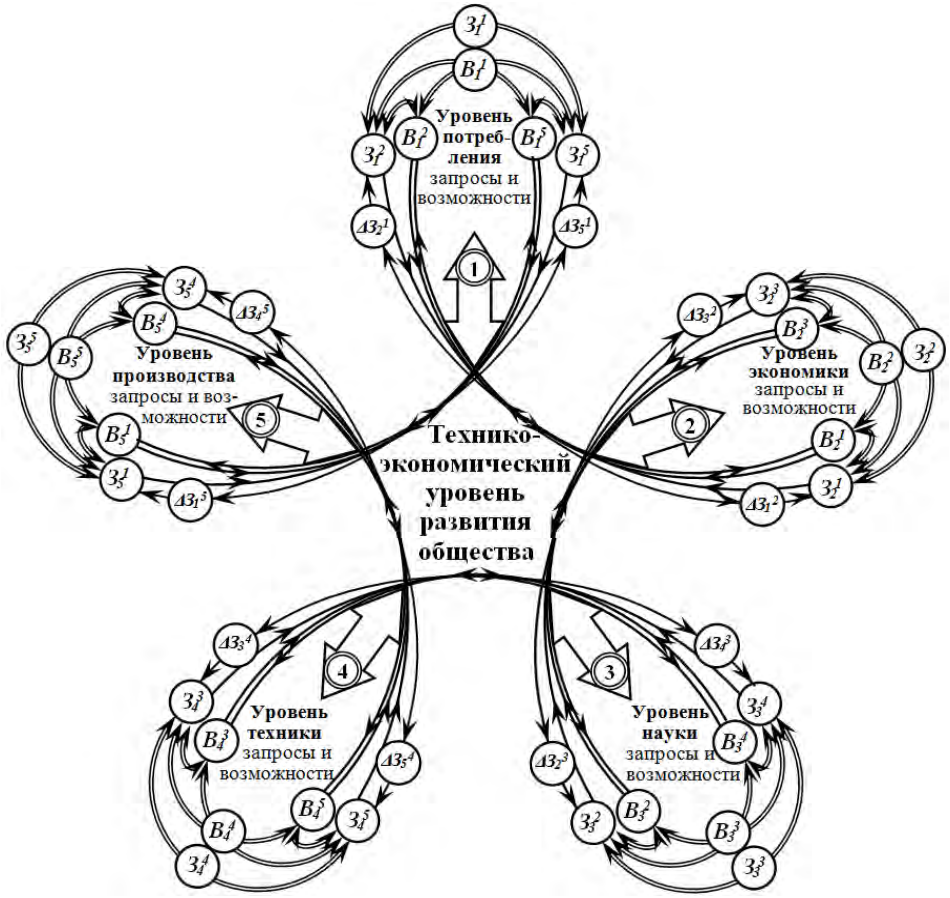


Рисунок 2. Лепестковая обобщенная структурная модель развития макросистем

Выводы. Базируясь на разработанной схеме (рис. 1) исходный вариант создания новой техники – функционально-ориентированные технологии (ФОТ), следует развить до Комплексно-Ориентированной Разработки и Производства (КОРП) технических систем,:охватывающей все этапы их жизненного цикла. Поскольку предложенная в работе [1] общая объектно-ориентированная модель синтеза структур комплексного функционально-ориентированного технологического процесса производства изделий ФОТ, составляет лишь часть системы КОРП, поэтому ее необходимо дополнить новыми структурными схемами от этапов проектирования и конструирования, до утилизации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Солоненко, В.Г. Резание металлов и режущие инструменты: Учебное пособие для вузов / В.Г. Солоненко, А.А. Рыжкин. – М.: Высшая школа, 2007. – 586 с.

2. Михайлов А.Н. Основы синтеза функционально-ориентированных технологий машиностроения. – Донецк: ДонНТУ, 2009. -346 с.

3. Настасенко В.А., Бабий М.В., Блах И.В., Вирич В.В. Высокотехнологичные высокопроизводительные режущие инструменты с многогранными неперетачиваемыми пластинами /Резание и инструмент в технологических системах: Междунар. науч.-техн. сб. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2010. – Вып. 78. – С. 127-135с.

МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНЫЙ АКТИВАТОР ТОПЛИВА НА АВТОТРАНСПОРТЕ

Погорлецкий Д.С., Малыгин Б.В.
Херсонская государственная морская академия (Украина)

С каждым днём возрастает цена топлива, а его качество почему-то ухудшается и обостряется общая экологическая проблема загрязнения окружающей среды. Увеличиваются и эксплуатационные расходы на транспорт, отсюда появляется важность эффективной подготовки топлива к сгоранию на транспорте. Одним из решений этой проблемы является магнитно импульсная обработка углеводородного топлива.

Постановка проблемы. На авто транспорте идет тенденция к ужесточению норм по выбросам отработавших газов в атмосферу, а также уменьшение расхода топлива. Стоимость топлива имеет большое значение для потребителей, с этого следует, что магнитно импульсная обработка топлива довольно актуальна со стороны уменьшения вредных выбросов в атмосферу и расхода топлива, а также повышения эксплуатационного срока службы автомобильных двигателей.[1]

Актуальность исследования. Актуальной на сегодня является задача разработки приборов и установок магнитно импульсной обработки углеводородных топлив на транспорте. Это связано с тем, что значительное внимание в мире отводится цене топлива и экологическому аспекту. Поэтому разработка данного направления исследования является перспективной и необходимой задачей достижение высоких качественных и количественных показателей технологического процесса обработки импульсным магнитным полем углеводородных топлив на транспорте.

Цель работы. Отмеченная тенденция заставила специалистов разработать и установить установку по магнитно импульсной обработке топлива на автомобиль, а также провести пробные испытания магнитно импульсного активатора на автомобильных двигателях внутреннего сгорания. Наметить пути дальнейших исследований.

Изложение основного материала. Рассматривая действие магнитно импульсной обработки на свойства углеводородного топлива, в момент пересечения магнитных силовых линий при прокачивании топлива через соленоид у него изменяется структура и свойства: снижаются силы поверхностного натяжения, увеличивается растворимость кислорода в топливе, возрастает ядерная поляризация (особенно водорода), изменяются константы скорости химической реакции горения (скорость горения увеличивается). Под воздействием сильных магнитных полей сложные молекулы топлива изменяют свою структуры и свойства, в частности, частично дробятся и ионизируются, двигаясь в направлении противоположном направлению внешнего магнитного поля. [2] Магнитно импульсный активатор топлива ускоряет процесс дробления кластеров топлива и эффективно разделяет длинные и сложные частицы топлива на более мелкие фракции, т.е. повышает тем самым внутреннюю энергию топлива и равномерно распределяет их в потоке таким образом, чтобы горение топлива в ДВС происходило более эффективно. Генератор импульсов для магнитно импульсной обработки топлива это устройство, генерирующее электрические импульсы определенной частоты и мощности. В результате проведённых схемотехнических исследований была предложена конструкция генератора импульсов обладающего следующими параметрами: генерация прямоугольных импульсов частотой от 10 Гц до 1000 Гц, напряжение питания 12В для питания схемы управления генератора импульсов. [3] Нами был разработан опытный образец установки для обработки углеводородного топлива импульсным магнитным полем, создаваемым в соленоиде, в активной части которого находится топливопровод (с разной длительностью и мощностью импульсов магнитного поля), внешний вид установки показан на (рис.1).

Рисунок. 1. Установка для магнитно-импульсной обработки углеводородного топлива

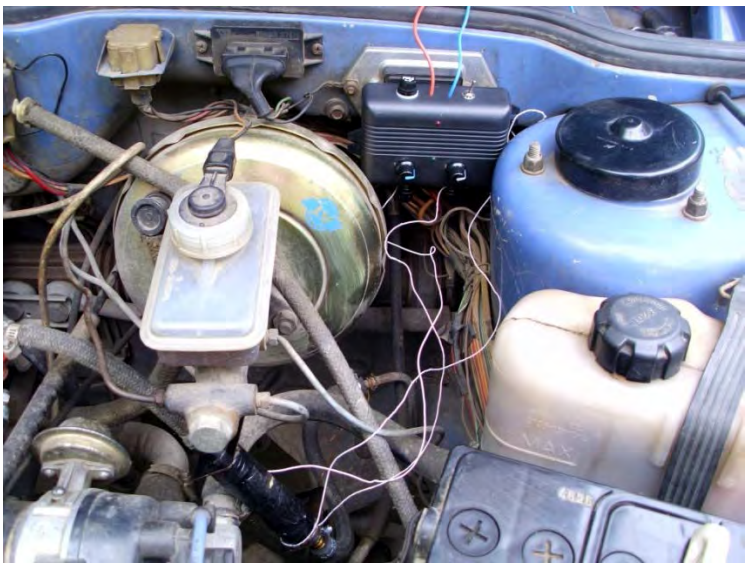


Рисунок. 2. Установка для магнитно-импульсной обработки углеводородного топлива на автомобиле ВАЗ-21083

Данный образец установки для обработки углеводородного топлива импульсным магнитным полем, создаваемым в соленоиде, был установлен на автомобиле ВАЗ-21083 с объёмом двигателя 1,3 литра (карбюраторной системой питания), внешний вид и место установки показано на (рис.2). Катушка (активатор) врезного типа крепится на топливопроводе, и охлаждается за счет протекающего по ней топлива.

Блок управления аналогового типа с регулируемыми параметрами длительности и мощности магнитных импульсов вмонтирован в подкапотном пространстве и подключён к бортовой сети автомобиля через предохранитель 20 Ампер.

Выводы. Была изготовлена и установлена установка для магнитно импульсной обработки топлива на транспорте, создающая импульсы магнитного поля, с регулируемой длительностью и мощностью. Данная установка способствует увеличению эффективности сгорания углеводородного топлива, повышать коэффициент полезного действия двигателя внутреннего сгорания и уменьшать концентрацию вредных веществ в отработанных газах. В перспективе проведение исследования влияния импульсного магнитного поля на свойства разных сортов углеводородного топлива, а также проверка снижения расхода топлива и содержания СО в отработавших газах на лабораторном обкаточно-тормозном стенде.

ЛИТЕРАТУРА

1. Альферович В.В. Состав отработавших газов двигателей внутреннего сгорания. Методическое пособие к дисциплине "Токсичность ДВС"., Электронное учебное издание. Белорусский национальный технический университет: Регистрационный номер БНТ/АТФ 16; Минск-2011

2. Третяков И.Г. Влияние магнитного поля на физико-химические свойства топлив/ Третяков И.Г., Баленко В.А.// Электронная обработка материалов. – 1990. - №1. – С. 28-29.

3. Малыгин Б.В., Погорлецкий Д.С., Галкин С.А. Разработка конструкции генератора импульсов для магнитно-импульсной обработки углеводородного топлива на автотранспорте // Збірка матеріалів V Міжнародної науково-практичної конференції. У 2-х тт. (28-30 травня 2013 р., Херсон). – Т. 2: херсонська державна морська академія, 2013. – 240с., 203-204с.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АЭРОДИНАМИКИ РОТОРОВ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Редчиц Д.А.
Институт транспортных систем и технологий НАН Украины

Повышение мощности ветроэнергетических установок (ВЭУ) и увеличение коэффициента использования энергии ветра делает задачу выбора рациональной аэродинамической формы ротора весьма актуальной. Ведущую роль в работе ВЭУ играют нестационарные аэродинамические процессы, поэтому основным направлением исследований должна быть разработка новых универсальных методов расчета нестационарных процессов при обтекании потоком роторов ветроагрегатов.

Известные методики определения аэродинамических и энергетических характеристик ротора ВЭУ основаны на экспериментальных данных, импульсной и вихревой теориях, численном решении уравнения потенциала. Они используют определенные допущения при постановке задачи (квазистационарность потока, отсутствие учета вязко-невязкого взаимодействия и т.д.). Главными трудностями в расчете нестационарных процессов при обтекании роторов ВО ВЭУ являются эффекты динамического срыва потока. До настоящего времени ни одна из известных упрощенных моделей не давала возможности адекватно рассчитать аэродинамические характеристики роторов в случае динамического срыва потока.

Уравнения Навье-Стокса являются наиболее полной математической моделью механики жидкости и газа. Поэтому их применение совместно с моделью турбулентности, уравнением динамики ротора позволяет исследовать особенности нестационарного обтекания, структуру поля скоростей, динамический срыв потока, процессы формирования и распада вихрей вокруг самого ротора и в следе за ветроагрегатом.

В работе рассмотрена методика расчета численного моделирования нестационарного обтекания роторов вертикально-осевых ветроэнергетических установок, которая базируется на совместном решении уравнения вращения ротора и динамики несжимаемой жидкости.

Для расчета аэродинамических характеристик использован алгоритм на базе осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье-Стокса (RANS) несжимаемой жидкости, записанных относительно произвольной криволинейной системы координат на подвижных сетках. Согласование полей давления и скорости осуществляется с помощью метода искусственной сжимаемости, модифицированного для расчета нестационарных задач. Для замыкания RANS используются однопараметрическая модель турбулентности Спаларта-Алмараса, а также ее модификации: с учетом вращения твердой поверхности и кривизны линий тока (SARC); линейная модель, адаптированная к тензору скоростей деформаций (SALSA). Решение системы исходных уравнений получено с помощью неявного конечно-объемного численного алгоритма, который базируется на методе искусственной сжимаемости и многоблочных разномасштабных структурированных сетках.

Представлены результаты тестирования разработанного программно-методического обеспечения для численного исследования нестационарных аэродинамических процессов на задачах о развитии течения в квадратной каверне и обтекании неподвижного цилиндра несжимаемой жидкостью. Проанализированы зависимости максимального по модулю значения функции тока, распределение компонент скорости в срединных сечениях квадратной каверны от числа Рейнольдса. Получены структура стационарного и нестационарного течения в следе за цилиндром, коэффициенты лобового сопротивления, подъемной силы, числа Струхаля. Выполнено сопоставление результатов расчетов с известными расчетными и экспериментальными данными.

Выполнено численное моделирование эффекта Магнуса при обтекании вращающегося цилиндра. Проведен анализ полученных профилей скорости, мгновенных линий тока, поля интенсивности завихренности, чисел Струхаля, распределения давления и коэффициента трения на поверхности цилиндра, коэффициентов лобового сопротивления и подъемной силы для ламинарного режима обтекания. Результаты настоящей работы удовлетворительно согласуются с расчетами и экспериментальными данными других авторов. Вращение цилиндра оказывает сильное влияние на структуру течения и осцилляции характеристик в вихревом следе. Числа Струхаля почти не зависят от скорости вращения, но сильно зависят от чисел Рейнольдса.

Проведено сравнение трех дифференциальных однопараметрических моделей турбулентности SA, SARC, SALSA на задачах о докритическом и закритическом обтекании неподвижного и осциллирующего профилей NACA 4412, NACA 0015 турбулентным несжимаемым потоком. Выполнен анализ полученных мгновенных линий тока, контуров интенсивностей турбулентной вязкости и завихренности, коэффициентов подъемной силы, лобового сопротивления и момента тангажа для характерных режимов обтекания. Установлено, что модель турбулентности SARC не приводит к существенному улучшению получаемых результатов (распределение коэффициента давления в зоне отрыва) по сравнению со стандартной моделью SA. Модель SALSA, основанная на тензоре скоростей деформаций, а не на тензоре завихренности как SA и SARC, более чувствительна к изменению структуры течения. Сравнение результатов расчетов с известными экспериментальными и расчетными данными показало преимущество модели турбулентности SALSA по сравнению с другими тестируемыми моделями в течениях с развитым и массивным двумерным нестационарным отрывом потока, характеризующихся нестационарными эффектами в турбулентности.

Представлены результаты численного моделирования нестационарного обтекания ротора Дарье. Проанализированы контуры завихренности, распределение коэффициента давления по поверхности лопасти, значения коэффициентов лобового сопротивления, подъемной силы, момента вращения, нормальной и тангенциальной сил. Полученные результаты удовлетворительно согласуются с экспериментальными данными. Вязкие и динамические эффекты играют существенную роль в работе ротора Дарье. Установлено, что увеличение коэффициента быстроходности приводит к подавлению процесса формирования динамического срыва потока с лопастей ротора Дарье. Показано, что основной крутящий момент создается на наветренном участке траектории лопасти. Выполнен анализ поля течения вокруг двух- и трехлопастного ротора Дарье. Выделены основные стадии формирования вихревой структуры. Проанализированы особенности аэродинамики обтекания (отрыв пограничного слоя, взаимодействие лопастей, течение в следе и вблизи гондолы ветроагрегата) при вращении ветроколеса. Рассмотрено влияние чисел Рейнольдса, коэффициентов быстроходности и заполнения на энергетические характеристики ротора Дарье. Рост числа Рейнольдса приводит к увеличению значений коэффициента мощности. При уменьшении коэффициента заполнения ротора Дарье значения коэффициента мощности становятся менее чувствительными к изменению коэффициента быстроходности.

Проведено три типа вычислительных экспериментов по изучению аэродинамических и энергетических характеристик двух- и трехлопастного ротора Савониуса. Для большинства угловых положений неподвижного двухлопастного ротора Савониуса осредненный по времени коэффициент статического крутящего момента положительный. В случае трехлопастного ротора Савониуса коэффициент крутящего момента всегда положительный при любом угловом положении ротора. Увеличение числа Рейнольдса приводит к небольшому улучшению аэродинамических свойств ротора. Выделены основные стадии формирования вихревой структуры при вращении ротора Савониуса. В исследованном диапазоне определяющих параметров у двухлопастного ротора Савониуса значения энергетических характеристик выше, чем у трехлопастного.

МОНІТОРИНГ РОБОЧИХ ПАРАМЕТРІВ СУДНОВОГО ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

Сіманенков А.Л., Рожков С.О.
Херсонська державна морська академія (Україна)

Вступ. Судновий двигун внутрішнього згоряння (СДВЗ) входить до складу суднової енергетичної установки. Суднові двигуни розрізняють на головні суднові двигуни (забезпечують рух судна) і допоміжні суднові двигуни (для приводу електрогенераторів, насосів, вентиляторів і т. п.). В якості суднового двигуна використовують двигуни внутрішнього згоряння, парові турбіни, і газові турбіни. Основними характеристиками суднових двигунів є: великий ресурс, можливість реверсування, помірна трудомісткість технічного обслуговування, що проводиться в суднових умовах, використання палива в основному важких сортів, відсутність жорстких обмежень за масою і розмірами двигуна. Найчастіше на судах використовуються СДВЗ, що володіють найбільшою економічністю з усіх типів суднових двигунів. На транспортних, промислових і допоміжних суднах застосовуються мало-, середньо- і високооборотні дизелі з наддувом.

Актуальність дослідження. Підтримку високого технічного та експлуатаційного рівнів СДВЗ забезпечують системи технічного діагностування параметрів роботи останнього.

Як правило, для технічної діагностики роботи СДВЗ використовуються портативні електронні системи діагностування, які є доволі коштовними, не входять до необхідного укомплектування машинного відділення судна, а також не розкривають усю повноту картини протікання робочих процесів СДВЗ.

Таким чином підвищення ефективності роботи та технічного стану СДВЗ все ж більше спирається на дані, що доводяться до обслуговуючого персоналу через систему контролю та моніторингу роботи машинного відділення та головного СДВЗ. Прикладом такої системи слугує СКМ фірми “Kongsberg” типу ACC20, яка дає змогу обслуговуючому персоналу здійснювати контроль за роботою СДВЗ за його основними характеристичними параметрами у вигляді кривих, використовуючи вбудовану функцію “Short trend”.

Постановка задачі дослідження. Завданням дослідження ставиться проблема знаходження характеристичного параметру, або групи параметрів, що здійснюють найбільший вплив на ефективність роботи СДВЗ у сталому режимі (морського переходу). За основу взяті дані отримані експериментальним шляхом з СДВЗ типу Wärtsilä – Sulcer 6 RT–flex 50b, за допомогою СКМ «KONGSBERG», типу ACC20.

Результати дослідів. Використовуючи математичний апарат статичного аналізу даних, а саме:

оцінку коефіцієнту кореляції для часового ряду:

$$r^* = \frac{K^*_X(\tau)}{K^*_X(0)}, \tag{1}$$

де K*X – оцінка для функції автоковаріації, яку можна знайти по наступній формулі:

$$K^*_X = \frac{1}{N+1}\sum_{k=0}^{N} x(k\frac{(T-\tau)}{N}+\tau)x(k\frac{(T-\tau)}{N}) \tag{2}$$

.

Було отримано розрахункові дані, що до впливу основних характеристичних параметрів на ефективність роботи СДВЗ, табл.1.

Таблиця 1. Коефіцієнти кореляції параметрів СДВЗ

	A.C.t	A.C. P	T/Crpm	HTP	F.R. P	S.O.R. P	HFOt	F.R. Ps1	F.R. Ps2	HTt
A.C.t	1	0,55	0,48	0,45	0,43	0,47	0,1	0,67	0,57	0,03
A.C. P	0,55	1	0,96	0,44	0,92	0,95	0,39	0,61	0,56	0,23
T/C rpm	0,48	0,96	1	0,41	0,96	0,98	0,40	0,56	0,52	0,26
HT P	0,45	0,44	0,41	1	0,37	0,39	0,21	0,56	0,55	0,1
F.R. P	0,12	0,78	0,96	0,37	1	0,96	0,39	0,5	0,42	0,3
S.O.R. P	0,47	0,95	0,98	0,39	0,96	1	0,41	0,53	0,47	0,28
HFO t	0,1	0,39	0,4	0,21	0,39	0,41	1	0,09	0,11	0,11
F.R. Ps1	0,67	0,61	0,56	0,56	0,5	0,53	0,09	1	0,93	0,06
F.R. Ps2	0,57	0,56	0,52	0,55	0,42	0,47	0,11	0,93	1	0,1
HT t	0,03	0,23	0,26	0,1	0,3	0,28	0,11	0,06	0,1	1

За основу розрахунків прийнято добові вибірки наступних параметрів роботи СДВЗ у сталому режимі експлуатації, а саме:

Exhaustgas cyl.1–6 – температура випускних газів 1–6 циліндрів; Underpiston T cyl.1–6 – температура під поршневих просторів 1–6 циліндрів; HT cw T cyl.1–6 – температура гарячого контуру охолоджуючої рідини 1–6 циліндрів; Piston cool. Oil. T cyl.1–6 – температура охолоджуючого мастила поршнів 1–6 циліндрів; M/E RPM – об/хв. двигуна; LT press – тиск холодного контуру охолоджуючої рідини; SW press – тиск забортної води у магістралі; Fuel index – відсотковий індекс подачі палива до ГД; BR PitchPos – відсоткова позиція повороту лопатей гребного гвинта; A.C.t – температура повітря наддуву; A.C. P – тиск повітря наддуву; T/Crpm – об/хв. повітряної турбіни; HTP – тиск охолоджуючої води гарячого контуру; F.R. P – тиск палива у паливній магістралі двигуна; S.O.R. P – тиск мастила у магістралі двигуна; HFO t – температура палива у магістралі двигуна; F.R. Ps1 – тиск палива на початку паливної магістралі; F.R. Ps2 – тиск палива у кінці паливної магістралі; HT t – температура охолоджуючої води гарячого контуру.

Дані параметри були зібрані на протязі 24 годин сталого режиму роботи СДВЗ (морський перехід) з інтервалом у 9 хвилин.

Висновки. Як видно з табл. 1, найбільший вплив на ефективність роботи СДВЗ здійснюють такі параметри як: тиск та температура охолоджуючої рідини і тиск і температура палива. Оскільки дані параметри регулюються незалежними, від системи дистанційного автоматичного керування СДВЗ, підсистемами, то має місце не злагодженість у їх роботі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Неменко А.В. Прогнозирование параметров рабочего процесса судового двигателя внутреннего сгорания по его индикаторной диаграмме / А.В. Неменко, М.М.Никитин// Вестник СевГТУ. – Вып. 75: Механика, энергетика, экология. – Севастополь: СевНТУ,2006. – С.53–63.

2. Варбанец Р.А. Параметрическая диагностика дизелей SBV6M540 і PEGASO 9156. Авиационно – космическая техника и технология, 2006, №8 (34). С. 144-148.

3. Опря А.Т. 0–62 Статистика (модульний варіант з програмованою формою контролю знань). Навч. посібник – К.: Центр учбової літератури 2012. – 448с.

4. Телемтаев М. М. Информационные системы. МСТ; Москва; 2010 ISBN 978-5-904229-02-3. 60с.

5. Ісаєв Є.О. Аналіз систем нечіткого керування судновими електроенергетичними комплексами на прикладі автоматичних регуляторів температури / Є.О. Ісаєв, А.Л. Сіманенков //Науковий вісник Херсонської державної морської академії. –№ 2 (9).– 2013. – С.35-40.

РАСЧЕТ КОЭФФИЦИЕНТА РАСХОДА ФОРСУНКИ ЦЕНТРОБЕЖНОГО ТИПА ДЛЯ СУДОВЫХ ПАРОВЫХ КОТЛОВ

Скрипка Г.Л., Акимов А.В.
Херсонська государственная морская академия (Украина)

Для топочных устройств судовых паровых котлов широко используются форсунки центробежного типа, которые обеспечивают хорошее качество распыла топлива, просты по конструкции и надежны в эксплуатации. При расчетах и проектировании топливосжигающих агрегатов, в которых применяются форсунки центробежного типа, в первую очередь приходится сталкиваться с необходимостью определения их производительности.

Впервые движение жидкости в форсунках центробежного типа было исследовано Г.Н. Абрамовичем, в которой была сформулирована теория форсунок с применением принципа максимизации расхода. В результате была получена зависимость коэффициента расхода от геометрических характеристик форсунки. Но на практике для форсунок, имеющих различное конструктивное исполнение геометрические характеристики не есть единственной величиной, которая определяет коэффициент расхода.

Таким образом предлагается вместо используемой при расчетах теории максимума расхода использовать допущение, которое заключается в том, что осевая составляющая скорости частицы топлива на границе воздушного вихря эквивалентна радиальной составляющей скорости частицы топлива на границе входа в вихревую область [1]. Также необходимо принять, что осевые скорости на срезе сопла форсунки не равны между собой.

Для течения идеальной жидкости применяются законы сохранения количества энергии движения и механической энергии. Таким образом закон сохранения энергии можно записать в виде уравнении Бернулли

$$\left(\rho \cdot U_s^2\right)/2 + \left(\rho \cdot V_s^2\right)/2 = p_{\text{int}}, \qquad (1)$$

где U_s и V_s – окружная и осевая составляющие скорости на срезе сопла форсунки, м/с; ρ – плотность жидкости (топлива), кг/м^3; p_{int} – давление жидкости (топлива) перед форсункой, МПа.

Для радиуса вихря форсунки аналогично запишем закон сохранения энергии:

$$\left(\rho \cdot U_w^2\right)/2 + \left(\rho \cdot V_w^2\right)/2 = p_{\text{int}}, \qquad (2)$$

где U_w и V_w – окружная и осевая составляющие скорости на радиусе вихря форсунки, м/с. Запишем момент количества движения для течения идеальной жидкости и вихря соответственно: $r_s \cdot U_s = R_c \cdot V_{\text{int}}$ и $r_w \cdot U_w = R_c \cdot V_{\text{int}}$, где R_c – радиус камеры завихрения, м; r_s и r_w – радиусы сопла и воздушного вихря соответственно, м; V_{int} – скорость на входе в форсунку, м/с. Значение скорости на входе V_{int} выражаем через расход жидкости (топлива) G (кг/с): $V_{\text{int}} = G/\left(n \cdot \pi \cdot r_{\text{int}}^2 \cdot \rho\right)$, где n – количество входных каналов; r_{int} – радиус входного канала, м.

Осевая составляющая скорости на границе вихря V_w эквивалентна радиальной скорости W_w, т.е.:

$$V_w = W_w, \qquad (3)$$

здесь $W_w = G/\left(2 \cdot \pi \cdot r_w \cdot \ell \cdot \rho\right)$; ℓ – длина камеры завихрения форсунки, м.

Из уравнений (1) и (2) получаем:

$$p_{\text{int}} = \rho \cdot \left\{\left[\left(U_s^2 + U_w^2\right)/2\right] + \left[\left(V_s^2 + V_w^2\right)/2\right]\right\} \text{ или } p_{\text{int}} = \rho \cdot \left(\bar{U}^2/2 + \bar{V}^2/2\right), \qquad (4)$$

где $\overline{U}=\sqrt{\left(U_s^2+U_w^2\right)/2}$ и $\overline{V}=\sqrt{\left(V_s^2+V_w^2\right)/2}$ – средняя окружная и осевая составляющие скорости, м/с.

Согласно закону сплошности можно записать:

$$G=\overline{V}\cdot\pi\cdot\left(r_s^2-r_w^2\right)\cdot\rho=n\cdot\pi\cdot r_w^2\cdot V_w^2\cdot\rho\,; \tag{5}$$

и $\overline{V}=n\cdot r_w^2\cdot V_w\Big/\left(r_s^2-r_w^2\right)$.

С учетом уравнений (3)-(5), используя теорию идеальной форсунки, можно получить выражения для определения коэффициента расхода форсунки центробежного типа:

$$\vartheta=\left(\sqrt{\left(\alpha^2/2\right)+\left[0{,}5\cdot\alpha^2/\left(1-\theta\right)\right]+\left(1/\theta^2\right)}\right)^{-1}; \tag{6}$$

$$\vartheta'=\left(\sqrt{1-\theta}\Big/\sqrt{\alpha^2+\beta^2}\right), \tag{7}$$

здесь $\theta=1-r_w^2/r_s^2$ – коэффициент заполнения сопла форсунки; $\alpha=r_s\cdot R_c\Big/\left(n\cdot r_{\text{int}}^2\right)$ – геометрическая характеристика форсунки; $\beta=0{,}5\cdot r_s/\ell$ – вспомогательный коэффициент.

С учетом уравнений (6) и (7) получаем зависимость для определения геометрического коэффициента форсунки:

$$\alpha=\sqrt{\left(1-\theta-\beta^2\cdot\theta^2\right)\Big/\left(0{,}5\cdot\theta^3\right)}\,. \tag{8}$$

Выражение (8) позволяет определить коэффициент заполнения сопла форсунки θ в зависимости от геометрической характеристики форсунки α и коэффициента β. Определив коэффициент сопла θ с использованием выражений (6) и (7) можно найти коэффициент расхода для центробежной форсунки ϑ.

Для верификации полученных зависимостей они сравнивались с имеющимися экспериментальными данными по коэффициенту расхода форсунки ϑ (табл.1). Значения коэффициентов ϑ и ϑ' определялись с использованием выражений (6) и (7); ϑ_{exp} – значение коэффициента расхода форсунки, полученные по экспериментальным данным; $\overline{\vartheta}$ и $\overline{\vartheta'}$ – расхождение между расчетными и экспериментальными характеристиками форсунки.

Таблица 1. Сравнение расчетных и экспериментальных значений коэффициентов форсунки

Коэффициенты и расхождения	Номер варианта центробежной форсунки					
	1-1	1-2	1-3	2-1	2-2	2-3
α	0,440	0,665	0,956	0,709	0,956	1,387
β	0,112	0,112	0,112	0,162	0,112	0,162
ϑ	0,631	0,581	0,486	0,565	0,496	0,416
ϑ'	0,643	0,590	0,502	0,534	0,475	0,419
ϑ_{exp}	0,669	0,599	0,518	0,528	0,461	0,422
$\overline{\vartheta}$, %	5,68	3,01	6,18	6,55	7,06	1,42
$\overline{\vartheta'}$, %	3,89	1,50	3,09	1,12	2,95	0,71

Из таблицы видно, что расхождение между расчетными $\overline{\vartheta}$ и экспериментальными $\overline{\vartheta'}$ величинами не выше 10 %.

Предложенная методика позволяет с достаточной точностью рассчитывать коэффициент расхода форсунок центробежного типа для судовых паровых котлов без применения принципа максимизации расхода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дитякин Ю.Ф. Распыливание жидкостей / Ю.Ф. Дитякин, Л.А. Клячко, Б.В. Новиков и др. – М.: Машиностроение, 1977. – 208 с.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АМПЛИТУДНЫХ ОПТОВОЛОКОННЫХ ДАТЧИКОВ

Худяков И.В.
ГВУЗ «Херсонское мореходное училище рыбной промышленности» (Украина)

Одним из основных параметров, отражающих режим работы и состояние судовых двигателей внутреннего сгорания (СДВС), является характер изменения давления внутри цилиндра. Трудность контроля этого параметра заключается в том, что чувствительный элемент датчика непосредственно соприкасаются с рабочим телом находящимся внутри цилиндра двигателя, и соответственно подвергаются ряду физических и химических воздействий (коррозия, эрозия, высокая температура, высокое давление и т.д.). В настоящее время датчики способные длительно и надежно работать в таких условиях, практически отсутствуют. Поэтому информация, необходимая для управления рабочим процессом в СДВС собирается косвенным путем. В условиях ужесточения требований по экологической безопасности и проблемы снижения расхода топлива при эксплуатации СДВС возникает необходимость использования узкоспециализированного датчика для получения первичной информации о протекании рабочего процесса двигателя для последующей его корректировки и управления.

Для исследования различных процессов в СДВС наибольшее распространение получили диафрагменные датчики, применяющиеся при измерениях как статических, так и динамических давлений. Теоретическая база этих датчиков достаточно хорошо разработана [1, 2]. Для преобразования измерительного сигнала в электрический традиционно используются тензометрические, индуктивные, емкостные и пьезоэлектрические преобразователи [2]. Альтернативой подобному подходу является использование оптоволоконных преобразователей, в которых измеряемый параметр преобразуется сначала в оптический, а за тем в электрический сигнал [3, 4, 5].

Амплитудные оптоволоконные датчики давления (ОВД) имеют определенные преимущества перед существующими тензорезистивными, индуктивными и емкостными, такие как нечувствительность к электромагнитным полям, вибрации, агрессивным средам, пожаро-, взрыво-, электро- безопасность. Это обусловлено их принципом действия, заключающимся в перераспределении светового потока между подводящими и отводящими свет оптическими волокнами из-за перемещения под действием давления деформируемого зеркала.

Результаты измерений, полученных с помощью амплитудных оптоволоконных датчиков просто анализировать, в том числе с помощью средств вычислительной техники. Одна из простейших конструкций амплитудного датчика является схема, где перемещение диафрагмы моделирует интенсивность отраженной световой волны [1,6,7]. В рамках данного исследования рассматривается амплитудный ОВДД отражательного типа, предел намерений которого составляет от 0 до 30 МПа. Моделирование осуществлялось методом конечных элементов в среде SolidWorks. Конструкция датчика (рис. 1) состоит из нескольких частей. Через соединительный канал корпуса датчика (4) рабочее тело воздействует на мембрану (7) размещенную в корпусе (4), который имеет резьбовое соединение для крепления втулки (5) для прижима мембраны. Для стабилизации температурного режима датчика, предусмотрена полость циркуляции охлаждающей жидкости в рубашке (6). В световой головке (2) располагается оптоволоконный жгут, по которому к мембране подводится световой сигнал от полупроводникового светоизлучателя, и снимается отраженный сигнал с помощью светоприемника, которые так же расположены в световой головке (2).

Одна из основных задач, которая решается при проектировании мембраны, - получить ее упругую характеристику максимально близкой к линейной. Очевидно, чем меньше нелинейность, тем проще и дешевле регистрирующая электронная часть датчика, обрабатывающая сигнал.

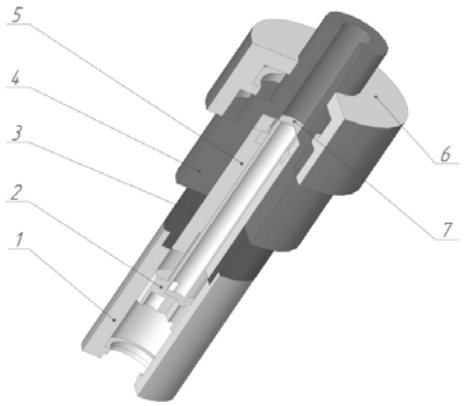


Рисунок 1. Трехмерная модель амплитудного ОВДД отражательного типа 1 – кожух; 2 – световая головка; 3 – стакан; 4 – корпус; 5 – втулка; 6 – рубашка; 7 – мембрана

Важным параметром влияющим на напряженно-деформированное состояние мембраны, является величина силы затяжки. В соответствии с проводимыми ранее исследованиями, ниже приводится график зависимости оптического зазора от величины затяжки мембраны.

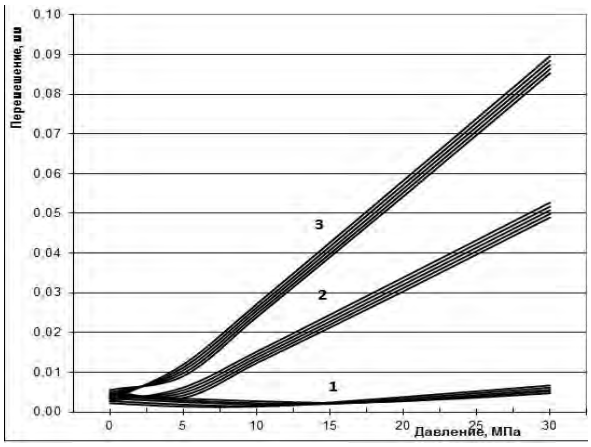


Рисунок 2. График изменения оптического зазора от величины затяжки для расчетных точек 5;25;51. 1 – семейство кривых для расчетной точки 1; 2 – семейство кривых для расчетной точки 25; 3 – семейство кривых для расчетной точки 51.

Из графика на рис. 2 видно, что изменение оптического зазора в окрестностях расчетной точки 5 (0,495мм) носит не линейный характер, что можно объяснить наличием в этой зоне (по периферии мембраны) напряженного состояния возникающего вследствие затяжки мембраны.

В окрестностях точек 25 (2,475мм) и 51 (5,049мм) наличие деформированного состоянии приводит к тому, что в диапазоне измерения давления от 0 МПа до 5 МПа для точки 51 и от 0 МПа до 8 МПа для точки 25 изменение оптического зазора носит не линейный характер. Причем величина нелинейности усиливается с увеличением силы затяжки мембраны.

Исходя из проведенного исследования, следует, что затяжку необходимо изменять в сторону уменьшения, однако, не нарушая герметичности датчика. Возможно применение ЧЭ в виде стакана, однако это очень сложно с точки зрения технологического процесса изготовления. Такой ЧЭ будет дорогостоящий. Либо возможно применять ЧЭ в виде мембраны и тарировать затяжку различными способами (прецизионное прилегание плоскостей, применение высокотемпературного герметика и т.д.).

Так же перед проектировщиком возникает проблема выбора штатного крепления датчика. В настоящее время единственным местом установки может быть индикаторный кран. Однако он имеет свои важные задачи в эксплуатации СДВС (продувка, вентиляция цилиндров и т.д.), исключить которые из процесса эксплуатации нельзя.

Эту проблему можно решить с помощью применения специальных переходников, как показано на рис. 3.

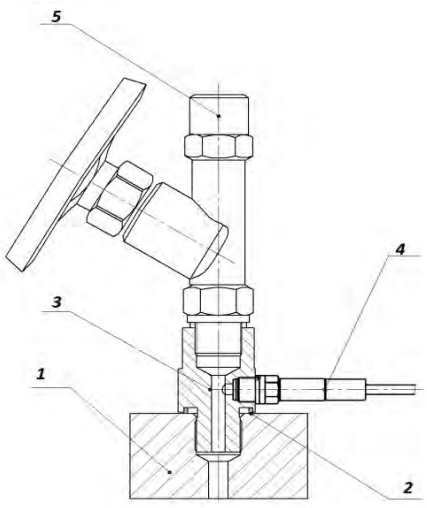


Рисунок 3. Вариант установки ОВД давления на индикаторный кран СДВС:
1 – корпус; 2 – прокладка;
3 – переходник; 4 – датчик давления;
5 – кран индикаторный

Данное крепление можно использовать во время проведения исследований, впоследствии для применения данного датчика давления возможна проектировка специального штуцера в корпусе СДВС для штатного подключения.

Выводы. 1. Для мониторинга характера изменения давления рабочей среды в цилиндре СДВС в реальном времени, наиболее простым и экономически эффективным является применение амплитудных ОВД рефлектометрического типа. 2. На метрологические характеристики датчика влияет значительное число параметров, таких как длина, удельные потери, форма и геометрические размеры волокон, апертура источника оптического излучения, величина силы затяжки мембраны. 3. Наиболее существенный вклад в погрешности измерения, обусловленные изменениями температуры окружающей среды, из всей схемы электронной обработки вносят полупроводниковые приборы, используемые как источники и приемники оптического излучения, поэтому конструкция датчики должна включать в себя схему термостабилизации. 4. Проблему выбора штатного крепления датчика, можно решить с помощью применения специальных переходников, установленных на индикаторном кране.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бусурин В.И. Волоконно - оптические датчики: физические основы расчета и применения. / Бусурин В.И., Носов Ю.Р. // Москва, Энергоатомиздат,1990г.

2. Окоси Т. Волоконно-оптические датчики // Ленинград, «Энергоатомиздат», 1990 г.

3. Зак Е.А. Волоконно-оптические преобразователи с внешней модуляцией. // М., «Энергоатомиздат», 1989 г.

4. Белоусов Е.В. Опыт создания оптоволоконных датчиков для индицирования рабочего процесса двигателей / Е.В. Белоусов, В.П.Савчук, А.Д.Штанько // Грузовик &: Строительно-дорожные машины, автобус, троллейбус, трамвай. М.: «Машиностроение», №12. – 2007.

5. Vaganov V.I. Construction problems in sensors // Sensors and actuators, A, 28 (1991),P 161-172.

6. Зак Е.А. Особенности проектирования рефлектометрических ВОД перемещений / Зак Е.А., Тув А.Л.// Измерительная техника, №1, 1997, с.28-30.

7. Гутников В.С. Интегральная электронроника в измерительных устройствах // Ленинград, «Энергоатомиздат», 1988 г.

ГІДРОДИНАМІЧНЕ ВДОСКОНАЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОДІАЛІЗНОГО ОПРІСНЮВАЧА СУДНОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Шевченко В.В., Філіпщук О.М., Фролов О.М.
Херсонська філія Національного університету кораблебудування (Україна)

Актуальність досліджень. Питанню інтенсифікації масопереносу в електродіалізному осередку опріснювача присвячена робота [2], у якій автори на підставі останніх гідродинамічних досліджень у робочих каналах електродіалізної апаратури, показують вплив турбулізації потоку на перенос іонів і насамперед протиіонов (Na^+, Cl^-) в електродіалізному осередку опріснювача (ЕДО).

Постановка завдання досліджень. Аналіз і дослідження різних методів інтенсифікації процесу масопереносу пов'язане з турбулізацією потоку рідини в робочих каналах ЕДО. Авторами пропонуються різні способи турбулізації потоку, які в основному зводяться до гідродинамічного вдосконалювання електродіалізатора [3].

Результати досліджень. Процес масопереносу в електродіалізному осередку, який є основою багатокамерного ЕДО, протікає в такій послідовності: доставка (перенесення) іонів до межі розділу рідка фаза – іонітова мембрана, проходження іонів крізь іонітову мембрану, відповідно іонообмінний процес і відвід іонів від поверхні мембрани в об'єм розчину. Всі стадії – це стадії масопереносу крім іонної реакції, яка протікає дуже швидко. При цьому лімітуючою стадією в електродіалізному осередку буде стадія масопереносу на межі поділу рідка фаза водного розчину-іонітова мембрана, яка надає домінуючий вплив на швидкість масоперносу в робочих каналах ЕДО.

Масоперенос заряджених частинок і-го сорту в електродіалізному осередку буде визначатися щільністю струму j_i, який складається з дифузійного потоку – $j_д$, електричного або міграційного потоку – $j_м$ і переміщення потоку викликаного конвекцією – $j_к$ [4]

$$\overrightarrow{j} = \sum_i \overrightarrow{j_i} = -D_i grad C_1 - Fu_i C_i z_i grad\varphi + C_i \bar{v}, \qquad (1)$$

де u_i - рухливість іона; φ - електростатичний потенціал; z_i - заряд іонів; v –швидкість потоку рідини; D_i - коефіцієнт дифузії; C_i - концентрація розчинених солей.

Напруженість електричного поля пов'язана з електростатичним потенціалом через рівняння $\bar{E} = -grad\varphi$.

Використовуючи співвідношення Нерста – Ейнштейна $D_i = RTu_i$, то рівняння (1) записується в наступному вигляді

$$\overrightarrow{j} = -D_i\left(grad C_1 - \frac{Fu_i C_i z_i}{RT} grad\varphi\right) + C_i \bar{v}, \qquad (2)$$

де коефіцієнт D_i не залежить від концентрації C_i і залишається постійним у всіх точках, тоді індекс "i" відповідний певному сорту іонів, будемо спрощувати, тому що рівняння описує незалежний рух іонів одного сорту.

Рівняння (2) розглядає процес масопереносу під дією дифузії, міграції та конвективного перемішування розчину в електродіалізному осередку.

Інтенсифікація масопереносу в серійних ЕДО досягається в основному за рахунок періодичного руйнування прилеглого шару на границі поділу рідка фаза розчин – іонітова мембрана. Цей механізм реалізується турбулізуючими вставками з поперечними зв'язками, установлені між катіонітовими (МК-40) і аніонітовими (МА-40) мембранами за допомогою яких виникають збурювання в потоці рідини. При цьому генеруються макровихорі з високим ступенем турбулентності (до 20%), але через близьке розташування поперечних зв'язків дифузійний шар утворюється дуже тонким. Отже, турбулентність зовнішнього потоку не виявляє істотного впливу й по суті енергія витрачена на турбулізацію потоку рідини ніяк не використовується.

У зв'язку із цим, замість суцільних турбулізючих прокладок застосовуваних у серійних ЕДО, були запропоновані переривчасті турбулізуючі вставки (сепаратори-

турбулізатори типу СТ) з поперечними зв'язками [5], що викликають періодичне переривання прилеглого до мембрани шару, а не турбулізацію потоку із втратою енергії.

Використання турбулізуючих прокладок СТ у робочих каналах ЕДО, дозволило суттєво знизити гідравлічний опір на виході модуля опріснювача, приблизно у два рази, що виключає механічний розрив іонітовых мембран, а також імовірність перетікання рідини між знесолюючими й концентруючими камерами електродіалізатора. Інший шлях інтенсифікації масопереноса в електродіалізному осередку опріснювача запропонований у роботі [6]. Суть його полягає в індукуванні в потоці рідини парних вихрів Тейлора-Гертлера. Ефект тут зафіксований, але при цьому виникають більші технологічні труднощі при їхнім виготовленні. При виборі методу інтенсифікації масопереноса в електродіалізному осередку, ураховувалася його ефективність, а з іншої сторони даний метод повинен бути досить простим і гідродинамічно досконалим. По суті пропонується оптимізація технологічних можливостей при виборі раціонального методу інтенсифікації масопереноса в робочих каналах ЕДО.

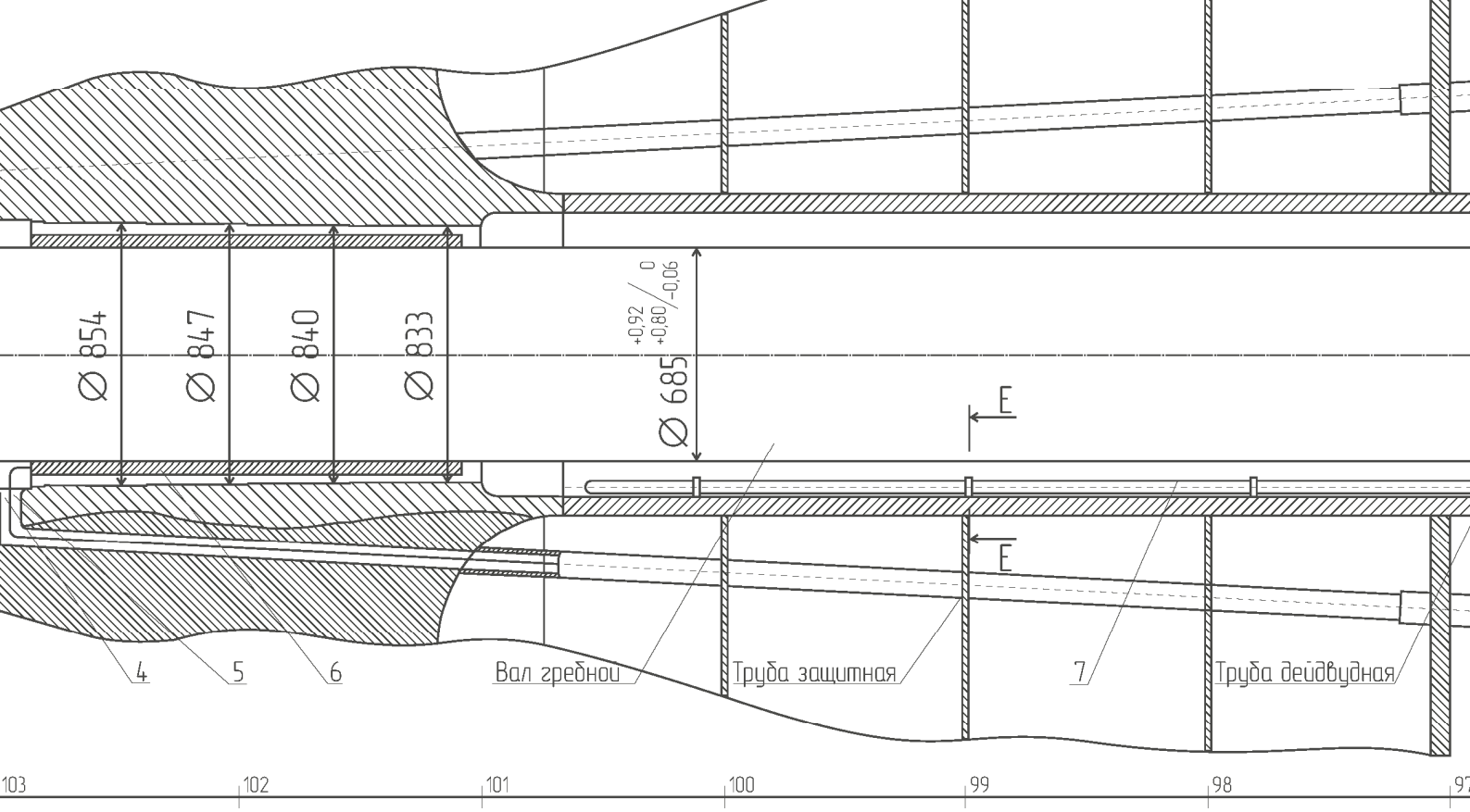
Аналіз і узагальнення дослідних даних свідчить про те, що ЕДО з переривчастими турбулізуючими вставками типу СТ реалізують більш раціональний механізм конвективного переносу, який залежить від умов протікання водного розчину й геометричних параметрів переривчастих турбулізаторов – СТ. Установлений режим по швидкості потоку рідини ($180<Re<280$) і щільності струму ($0{,}8j_{пр}<j<1{,}5j_{пр}$), коли технологічна схема з переривчастими СТ більш ефективна, ніж схема із суцільними турбулізуючими прокладками. У зазначеній області чисел Рейнольдса й розрахункової щільності струму j, питомі енерговитратні W на процес електродіалізу знижується у два рази при росту питомого знімання солі V на 30%. Якщо врахувати, що енерговитратні на прокачування рідини в робочих каналах ЕДО визначаються добутком витрати розчину G на втрату напору Δp у відповідному тракті знесолення або розсолу $W=G\Delta p$, кВт/год, то стане очевидним перевага ЕДО з переривчастими турбулізаторами. Особливо це важливо при глибокому знесоленні морської води з високою концентрацією розчинених солей, наприклад у системі підживлення суднових теплоенергетичних установок.

Висновки:

1. Запропоновані переривчасті С-Т турбулізатори забезпечують найбільш раціональний механізм інтенсифікації процесу масопереноса в електродіалізному осередку опріснювача в порівнянні із суцільними.
2. Ефективність переривчастих С-Т турбулізаторів залежить від їхніх геометричних характеристик і гідродинамічних умов протікання рідини в каналах ЕДО.
3. Одночасно із процесом знесолення водного розчину в робочих каналах електродіалізатора, можливо процес концентрування й розчин довести до насиченого стану й одержувати додатково коштовні компоненти з морської води.

ЛІТЕРАТУРА

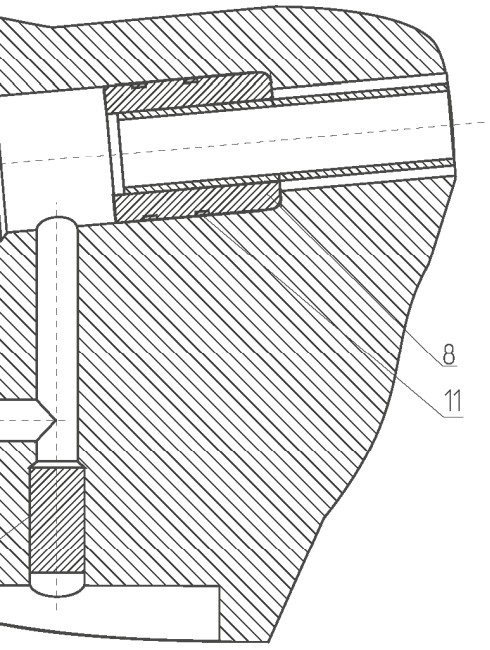
1. Слесаренко В.Н. Опреснение морской воды. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 278 с.
2. Cowan D.A., Brown J.H. Efiect of turbulence on limiting current in electrodialysis cells. – Ind. Eng. Chem, 1959, vol.51, №12, pp. 1445 – 1448.
3. Лебедь Н.Г., Салдадзе К.М., Балавадзе Э.М. Некоторые результаты гидродинамического совершенствования электродиализных аппаратов // Ионоселективные мембраны и их применение в технологии. Сб. научн. трудов. – Черкассы, 1980. – с. 48–49.
4. Дамскин Б.Б., Петрий О.А. Введение в электрохимическую кинетику. – М.: Высш. Школа, 1983. – 148 с.
5. Шевченко В.В. Интенсификация массопереноса в электродиализной ячейке опреснителя судового назначения. – В кн.: Судостроение, Респуб межведом. н.–техн. сб. Киев–Одесса: Лыбидь, 1991. – с. 109–114.
6. Коробко В.В. Интенсификация процесса переноса в гидродинамически устойчивых потоках // Труды НКИ. – Николаев: 1982. – вып. 189. – с. 92–96.



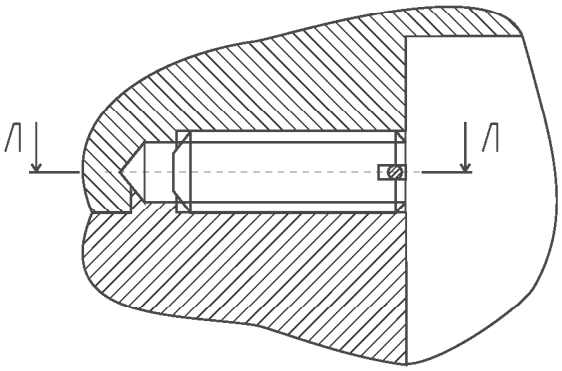
СЕКЦІЯ 5

НОВІ МАТЕРІАЛИ В СУДНОБУДУВАННІ І СУДНОРЕМОНТІ

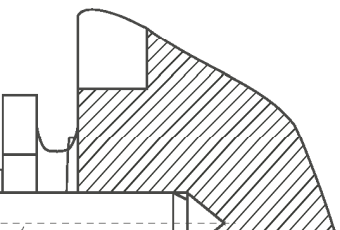
Б–Б (1:2)



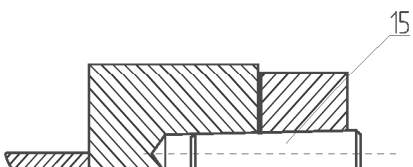
В–В (1:1)



Р–Р (1:1)



Н–Н (1:2)



МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛАХ

Акимов А.В.
Херсонская государственная морская академия, Украина

При исследовании сложных технических систем, к которым относится получение композиционных материалов на основе полимеров, необходимо использование методов математического моделирования. При этом возникает ряд проблем, обусловленных большой размерностью задачи и необходимостью учета множества факторов, присущих системе и влияющих на качество решения задачи. Случайный характер процессов формирования полимерных композитов, процессов их отверждения и прогнозирования свойств обусловливает необходимость применения стохастических моделей. Для расчетов характеристик функционирования систем с использованием указанных моделей могут применяться различные методы моделирования: аналитические, численные и имитационные.

При математическом моделировании процессов в композиционных материалах, как правило, применяются дифференциальные уравнения с быстроосциллирующими коэффициентами. Практически, численное решение таких задач предполагает введение очень мелкой расчетной сетки, что делает эти задачи вычислительно нереализуемыми. Это привело к развитию методов осреднения.

Наиболее проработанным и известным среди методов численного осреднения является асимптотический метод осреднения периодических сред, предложенный Бахваловым Н.С., Панасенко Г.П. и Победря Б.Е. Решение уравнений с быстроосциллирующими коэффициентами здесь ищут в виде рядов по степеням малого параметра с коэффициентами, зависящими от переменных двух типов - макроскопических и микроскопических (или коэффициентов на макро- и микроуровнях). Для определения эффективных свойств необходимо решение задач на ячейке с периодическими граничными условиями, что значительно осложняет реализацию данного метода. Лишь в случае симметрии исследуемого образца периодические граничные условия могут заменяться обычными краевыми условиями.

Таким образом, актуальным является дальнейшее развитие методов исследования композитов в непериодических и случайных средах, средах с несимметричным расположением включений. Необходимы методы определения эффективных характеристик, которые использовали бы единый подход для разной структуры и свойств материалов. Моделирование поможет предсказать свойства композитов и таким образом позволит рассмотреть задачу о конструировании материала с заданными свойствами.

Принципы моделирования сложных систем. При исследовании сложных технических систем с дискретным характером функционирования наиболее широкое применение получили аналитические и имитационные методы моделирования.

Одним из основных требований, предъявляемых к модели, является ее адекватность реальной системе, которая достигается за счет использования моделей с различным уровнем детализации, зависящим от особенностей структурно-функциональной организации системы и целей исследования. Процессы функционирования реальных систем невозможно описать полно и детально, что обусловлено существенной сложностью таких систем. Основная проблема при разработке модели состоит в нахождении компромисса между простотой ее описания и необходимостью учета многочисленных особенностей, присущих реальным системам. Попытка построить единую универсальную модель обречена на неудачу, ввиду ее необозримости и невозможности расчета.

Математическое моделирование сложных технических систем должно базироваться на ряде принципов, обеспечивающих корректность и достоверность результатов

моделирования и, в конечном счете, качественное проектирование систем. Среди этих принципов можно выделить три основных принципа:

1) системный подход при решении задач анализа и синтеза;

2) принцип иерархического многоуровневого моделирования;

3) принцип множественности моделей.

В основе исследования сложных технических систем с использованием математического моделирования лежит системный подход, конечной целью которого является системотехническое проектирование, направленное на построение системы с заданным качеством. Для решения задач проектирования необходимо располагать знаниями о том, как влияют различные способы структурно-функциональной организации на характеристики функционирования системы, т. е. решать задачи системного анализа.

Принцип иерархического многоуровневого моделирования базируется на иерархическом описании исследуемой системы и процессов, протекающих в них. При этом система и протекающие в ней процессы представляются семейством моделей, каждая из которых описывает поведение системы с точки зрения различных уровней абстрагирования, отличающихся рядом характерных особенностей и параметров, с помощью которых и описывается поведение системы.

Применительно к моделям сложных технических систем с дискретным характером функционирования предлагается выделить два направления иерархии: 1) иерархия по вертикали, в которой деление моделей по уровням осуществляется в зависимости от структурно-функциональных особенностей системы; 2) иерархия по горизонтали, в которой деление моделей по уровням осуществляется в зависимости от методов их исследования.

Базовые модели допускают применение точных и приближенных аналитических методов и позволяют получить результат в явном виде. Локальные модели обычно предполагают применение имитационных методов, а глобальные – наряду с перечисленными методами моделирования могут использовать аналитико-имитационные методы. На практике при исследовании сложных систем наиболее эффективным является комбинированный подход к моделированию, основанный на применении на различных этапах исследования разных моделей и методов моделирования. Так, например, на этапах анализа свойств системы и синтеза в соответствии с заданным критерием эффективности оптимальной системы целесообразно использовать модели, поддающиеся точному или приближенному аналитическому расчету. Имитационное моделирование обычно используется для аттестации приближенных методов и детального анализа свойств и потенциальных возможностей спроектированной системы на моделях большой сложности, а также с целью разработки на основе полученных результатов приближенных и эвристических методов расчета.

Основное достоинство имитационного моделирования заключается в универсальности, т.е. в возможности исследования систем практически любой сложности с любой степенью детализации. Применительно к моделированию приоритетных систем эта универсальность проявляется в возможности исследования свойств систем при любых законах распределения случайных величин, описывающих, в частности, интервалы времени между поступающими в систему свойств и длительности формирования определенных характеристик. Кроме того, имитационное моделирование предоставляет возможность анализа различных свойств и характеристик, не поддающихся аналитическому описанию. Однако на практике оказывается, что и имитационное моделирование имеет определенные ограничения, обусловленные как возможностями средств вычислительной техники, с помощью которых реализуется имитационная модель, так и присущими имитационному моделированию недостатками. К таким недостаткам при моделировании приоритетных систем, в первую очередь, относятся следующие.

1. Длительность моделирования должна быть такой, чтобы результаты моделирования были достоверными для каждого класса свойств, включая класс свойств,

создающий наименьшую нагрузку. Это означает, что длительность моделирования должна определяться исходя из условия: для класса свойств, создающего самую маленькую нагрузку, количество свойств или характеристик, прошедших через имитационную модель, должно быть достаточно большим для получения статистически устойчивых результатов, что в некоторых случаях может привести к неоправданно длительному процессу моделирования.

2. При большой нагрузке получить достоверные результаты для низкоприоритетных свойств становится просто невозможно, поскольку в области больших нагрузок начинает сказываться свойство защиты от перегрузок, приводящее к резкому увеличению времени ожидания низкоприоритетных свойств.

Взаимодействие моделей разных уровней иерархии осуществляется путем пересчета характеристик, полученных на одном уровне, в параметры модели, используемой на другом (соседнем) уровне. На каждом уровне может использоваться множество различных моделей. Состав моделей каждого уровня зависит от структурно-функциональной организации системы и целей исследования. Последнее также определяет степень детализации моделей одного и того же уровня.

Реализация принципа иерархического многоуровневого моделирования базируется на структурно-функциональной декомпозиции исследуемой системы, направленной на выделение и исследование наиболее существенных аспектов структурно-функциональной организации.

Структурно-функциональная декомпозиция систем позволяет на разных этапах исследования использовать модели разных уровней: на этапе функционального проектирования – базовые модели, на этапе структурного проектирования – локальные модели и на завершающем этапе структурно-функционального проектирования – глобальные модели. Такой подход позволяет существенно упростить решение задачи системотехнического проектирования реальных систем, характеризующейся значительной сложностью ввиду ее большой размерности и громоздкости результатов.

Одним из основополагающих принципов моделирования сложных систем является принцип множественности моделей, заключающийся, с одной стороны, в возможности отображения многих различных систем и процессов с помощью одной и той же модели и, с другой стороны, в возможности представления одной и той же системы множеством различных моделей в зависимости от целей исследования.

Использование этого принципа позволяет отказаться от подхода, когда для каждой исследуемой системы разрабатывается своя модель, и предложить новый подход, при котором разрабатываются абстрактные математические модели разного уровня (в основном базовые и локальные), используемые для исследования систем различных классов. При этом задача моделирования сводится к грамотной параметризации моделей и интерпретации полученных результатов.

Заключение. Базовые и локальные модели служат основой для построения более сложных глобальных моделей реальных систем. С использованием аналитических методов расчета этих моделей можно решать задачи проектирования, связанные с формированием требований к структурным и функциональным параметрам, обеспечивающим заданное качество функционирования проектируемой системы, однако получаемые при этом результаты могут иметь значительную погрешность. Для повышения достоверности результатов следует применять комбинированный подход, основанный на сочетании аналитических и имитационных методов моделирования. При этом аналитические методы должны применяться на этапах анализа свойств и синтеза оптимальной системы. Имитационные методы, основанные на использовании специализированных языков моделирования, таких как GPSS, позволяют выполнять исследование систем практически любой сложности с любой степенью детализации и должны применяться на заключительном этапе детального анализа спроектированной системы.

МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЯ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ИЗГИБ

Алексенко В.Л., Акимов А.В., Браило Н.В., Зинченко Д.А.
Херсонская государственная морская академия (Украина)

Испытания образцов материалов на растяжение требуют относительно больших усилий и регистрации малых деформаций, а также осложняются проблемой закрепления концов. Испытания на изгиб в значительной степени лишены этих недостатков. Однако какие-либо официальные рекомендации по испытанию на изгиб образцов с покрытием за исключением качественной оценки отсутствуют [1]. При изготовлении образцов, покрытие в соответствии с принятой технологией наносится на тонкий лист материала подложки с одной или двух сторон. Зная параметры геометрии и механические константы материала подложки, а также толщину покрытия представляется возможным рассчитать наиболее важные характеристики его прочности и жёсткости.

Соотношение поперечных размеров образцов таково, что их ширина на порядок и более превышает толщину, лежащую в плоскости изгиба. В этом случае изгиб образца происходит по цилиндрической поверхности.

Теория изгиба пластин из однородного материала, в том числе ортотропного и в частном случае по цилиндрической поверхности подробно рассмотрена в [3]. В работе [4] дана общая теория расчёта составных стержней и пластин. Частный случай цилиндрического изгиба монолитной составной пластины не рассматривается.

Цель исследования – получить основные расчётные зависимости для обработки результатов испытания на статический изгиб образцов защитных покрытий для вычисления характеристик их прочности и жёсткости.

Анализ напряженно-деформированного состояния образцов с покрытием в форме тонкой прямоугольной полосы, нагруженных по схемам, изображённым на рис. 1 [2], и вызывающей поперечный цилиндрический изгиб рис. 2 [5] или обеспечивающей чистый изгиб на среднем участке длиной L_b, позволил получить требуемые расчётные зависимости.

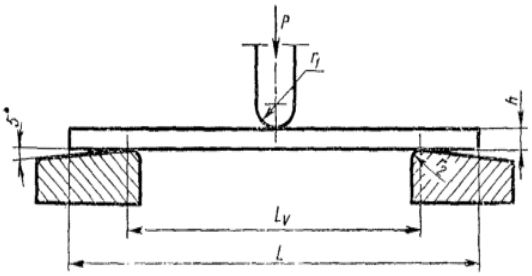


Рисунок 1. Испытание образца на трёхточечный (поперечный) изгиб по ГОСТ 4648-71

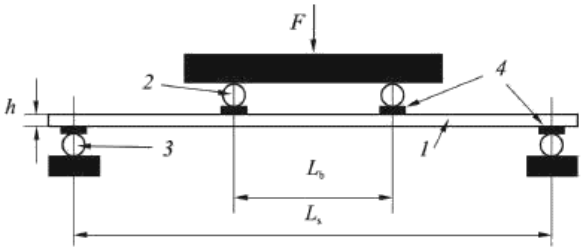


Рисунок 2. Испытание образца на чистый изгиб по ГОСТ 32281.3 - 2013
1 - образец, 2 - изгибающий ролик,
3 - опорный ролик, 4 - резиновые полоски

Обозначив толщину подложки и покрытия h_i (здесь и далее индексу $i=0$ соответствует подложка, а $i=1$ – покрытие) и приняв обычные допущения технической теории изгиба пластин малого прогиба: гипотезу прямых нормалей, наличия недеформируемого нейтрального слоя, а также считая, что все слои материала параллельные нейтральному находятся в плоском деформированном состоянии и не давят один на другой, получим:

- дифференциальное уравнение изогнутого нейтрального слоя пластины

$$D\,\partial^2 w/\partial x^2 = M_y \qquad (1)$$

где $D = \bar{E}_0 I_0 + \bar{E}_1 I_1$ (2)

- так называемая *цилиндрическая жёсткость* двухслойной монолитной пластины. Здесь

$$I_0 = [(h_0 - z_0)^3 + z_0^3]/3\,; \quad I_1 = [(h_0 + h_1 - z_0)^3 - (h_0 - z_0)^3]/3\,; \quad \bar{E}_i = E_i/1 \quad (3)$$

z_0 – расстояние между нейтральным слоем и наружным слоем подложки, определяемое выражением

$$z_0 - 0.5[\bar{E}_0 h_0^2 + \bar{E}_1 h_1 (h_1 + 2h_0)]/(\bar{E}_0 h_0 + \bar{E}_1 h_1) \quad (4)$$

- формулы для определения нормальных напряжений в подложке (- $z_0 \le z \le h_0$-z_0) и покрытии (h_0 - $z_0 \le z \le h_0$+h_1-z_0) и касательных напряжений, возникающих при поперечном изгибе между покрытием и подложкой:

$$\sigma_{xi} = -\bar{E}_i M_y z/D\,; \quad (5) \qquad \tau_{yx}(z = z_0 - h_0) = \bar{E}_1 Q_z S_1/D, \quad (6)$$

Дифференциальное уравнение изогнутого нейтрального слоя пластины (1) аналогично дифференциальному уравнению изгиба соответствующей балки и его решения могут быть получены как непосредственным интегрированием (1), так и простой заменой изгибной жёсткости балки *EI* в известных балочных решениях на цилиндрическую жёсткость пластины *D*. Соответствующие формулы приведены в табл. 1.

Таблица 1. Формулы для определения цилиндрической жёсткости образца - пластины

Схема нагружения образца	рис. 2	рис. 3
Цилиндрическая жёсткость образца *D* *w* - прогиб в центре и ширина *B* образца	$D = \frac{PL_v^3}{48Bw}$	$D = \frac{F(Ls - Lb)L_b^2}{32Bw}$

Эти формулы рекомендуются для экспериментального определения цилиндрической жёсткости двухслойных монолитных образцов пластин при испытаниях по расчётным схемам рис. 2 и 3 в пределах линейной упругости материалов подложки и покрытия.

Вычислив *D* по результатам испытания образца на изгиб, находят неизвестные $\bar{E}_1$ и z_0 для чего решают систему двух нелинейных уравнений (2) и (4). Далее по формулам (5) и (6) определяют характеристики прочности покрытия.

Выводы и рекомендации. В рамках предположений технической теории изгиба тонких пластин получены:

- основные зависимости изгиба двухслойной монолитной пластины по цилиндрической поверхности;

- предложены формулы для определения характеристик прочности и жёсткости материала покрытий по результатам статических испытаний образцов на изгиб по двух и четырёхточечным схемам;

- разработано программное обеспечение для автоматизации расчётов.

Поскольку материал покрытия, как правило, обладает более низким, чем у основы модулем продольной упругости, предлагаемая методика ограничена линейной упругостью последней.

ЛИТЕРАТУРА

1. Материалы лакокрасочные. Метод определения эластичности плёнки при изгибе: ГОСТ 6806-73. – (СТ СЭВ 2546-80). – М.: Государственный комитет СССР по стандартам.

2. Пластмассы. Метод испытания на статический изгиб: ГОСТ 4648-71. – М.: Комитет стандартизации и метрологии СССР.

3. Суслов В.П. Строительная механика корабля и основы теории упругости / В.П. Суслов, Ю.П. Кочанов, В.Н. Спихтаренко. – Л.: Судостроение, 1972. – 720 с.

4. Ржаницин А.Р. Составные стержни и пластинки. – М.: Стройиздат, 1986. – 316 с.

5. Стекло и изделия из него. Определение прочности на изгиб. Испытание на образце, опирающемся на две точки (четыре точки изгиба): ГОСТ 32281.3 – 2013 – (EN 1288 - 3:2000). – М.: Стандартинформ, 2014. – 7 с.

ОПТИМІЗАЦІЯ УМОВ АЗОТУВАННЯ ЖАРОМІЦНОЇ СТАЛІ ЕП-199 З АЗОТОВОДНЕВИХ СУМІШЕЙ

Басістий П.В.
Тернопільський національний педагогічний університет ім. В.Гнатюка (Україна)

Широке застосування в сучасній енергетиці азотованих сталей викликає підвищений інтерес до дослідження умов їх азотування, включаючи спосіб насичення, склад газової суміші, вплив температурно-силових полів та схильність компонентів сталі до фазоутворення. У проведених дослідженнях вивчали вплив вмісту азоту в азотоводневій суміші H_2+N_2 на процес азотування сталі ЕП-199 (ХН56ВМТЮ) в інтервалі температур 673…1273 К. Критерієм інтенсивності протікання цього процесу вибрали зміну водневої проникності – структурно-чутливої питомої характеристики металу, вимірювання якої дозволяє визначити кількість газу, який проникає за одиницю часу через одиничну площу і приведений до одиниці товщини зразка у вигляді мембрани у стабілізованому режимі за заданої температури. При цьому температурна залежність проникання водню крізь зразок P описується формулою $P = P_0 \cdot \exp(Ep/RT)$, де P_0 – передекспоненційний множник, R – стала Рідберга, Ep – енергія активації проникання водню.

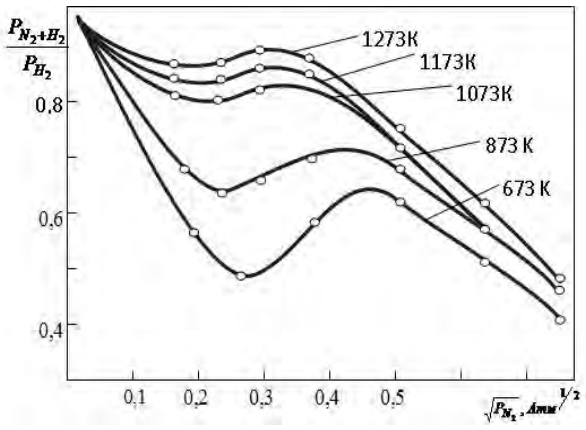


Рисунок 1. Відносна зміна проникання водню з азотоводневих сумішей крізь сталь ЕП-199

Для визначення впливу складу азотоводневої суміші на кінетику азотування сталі ЕП-199 будували ізотерми відносної зміни водневої проникності залежно від кореня квадратного з парціального тиску азоту (рис.1, точки на графіках відповідають відповідно 5, 10, 15, 20, 30, 50 і 60%-ній суміші H_2+N_2). Встановлено, що зі зростанням процентного вмісту N_2 у газовій суміші воднева проникність зменшується, причому найбільш інтенсивно після досягнення складу 20-30% N_2, що зумовлено азотуванням приповерхневого шару сталі ЕП-199 і утворенням у ньому нітридних фаз.

Особливий інтерес викликає область концентрацій від 5 до 20% азоту, в якій відносна воднева проникність сталі ЕП-199 змінюється немонотонно – має місце тенденція до утворення мінімуму величини потоку водню, який за пониження температури від 1273 до 673 К зміщується за концентрацією азоту від 5 до 15% відповідно. Поява мінімуму нижче 973 К пояснюється формуванням за цих температур ближнього атомного порядку за типом $CrNi_3$. При цьому температура Курнакова $T_к$ цієї фази з ростом вмісту азоту у суміші до 60% зростає від 870 до 920 К, що узгоджується з теорією атомного впорядкування у присутності домішки втілення.

Після вивчення водневої проникності з азотоводневих сумішей провели дослідження оборотності змін, зумовлених наявністю азоту. Для цього після 2 год відпалу у вакуумі при 1273 К (дегазація) провели вимірювання P з середовища чистого водню. Встановлено, що ефект впливу сформованих у приповерхневому шарі сталі ЕП-199 нітридних фаз зберігається майже до температури 1023 К.

Висновки. Отримані результати дозволяють оптимізувати умови азотування сталі ЕП-199 з азотоводневих сумішей і керувати глибиною азотованого шару і об'ємним вмістом нітридних фаз, вибравши відповідну температуру і склад газової суміші.

ВПЛИВ ВОДНЮ НА МІЦНІСНІ ВЛАСТИВОСТІ СПЛАВІВ СИСТЕМИ Fe – Ni, У ЯКИХ СПІВІСНУЮТЬ ФАЗОВІ ПЕРЕТВОРЕННЯ РІЗНОГО ТИПУ

Бачинський Ю.Г.
Тернопільський національний педагогічний університет ім. В.Гнатюка (Україна)

Відомо, що у сплавах системи залізо-нікель (до 30 мас.% Ni) під час перетворення аустеніту в мартенсит формуються складні структурні стани, що надають їм особливі фізико-механічні властивості, зокрема, одночасно високу міцність і пластичність. Однак, поліморфне перетворення може значно ускладнитися через додатковий вплив атомного впорядкування. Об'єктом дослідження вибрали сплав Н18 (Fe – осн., Ni – 18,0, Mn – 0,62, домішки – 0,04 мас.%), у якому формується впорядкована структура Fe_3Ni, а межі міцності і текучості для цієї ділянки діаграми стану Fe – Ni є максимальними. Крім того встановлено, що у наводненому сплаві Н18 стабілізується структура аустеніту і пришвидшується атомне впорядкування, внаслідок чого слід очікувати взаємовпливу вказаних чинників на його міцнісні характеристики. Для перевірки цього припущення вивчали короткотривалу міцність зразків сплаву Н18 після термоциклювання (473…973 К) в аргоні і водні тиском 0,1 МПа.

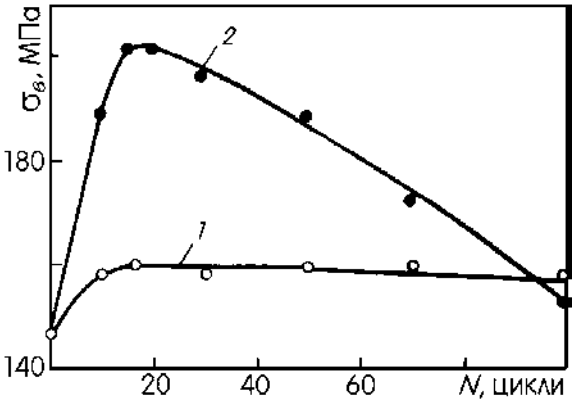


Рисунок 1 - Зміна границі міцності сплаву Н18 після термоциклування в аргоні (1) та водні (2). Т=873 К.

Проведені дослідження показали (рис.1), що залежно від кількості термоциклів у зміні границі міцності спостерігаються дві стадії. На першій (до 20 циклів) вона зростає, причому у водні ефект посилюється у 6 разів. Очевидно, це зумовлено тим, що поряд з фазовим наклепом на міцність сплаву Н18 суттєво впливає утворення мікрообластей фази Fe_3Ni, на межах яких додатково блокуються дислокації. На другій стадії (>20 циклів) $\sigma_в$ після обробки в аргоні практично не змінюється, а у водні внаслідок розсмоктування впорядкованої фази вона зменшується і за значної кількості термоциклів $\sigma_в$ сплаву Н18 стає меншою за вихідну (див. рис.1), а його пластичність зростає до 25% (табл.1). Очевидно, це зумовлено аномальним пластифікуванням наводненого сплаву за рахунок перетворень у процесі термоциклювання.

Таблиця 1. Механічні властивості сплаву Н18

Режим досліджень			Механічні властивості		
Т, К	Середовище	Кількість циклів	$\sigma_в$, МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	ε, %
293	Аргон	–	890	750	4,8
	Аргон	15	880	705	6,3
	Водень	15	980	695	5,6
873	Аргон	–	145	85	23,3
	Аргон	15	160	130	22,3
	Водень	15	200	175	24,3
	Водень	100	150	85	28,4

Отже, змінюючи умови водневої обробки сплавів, у яких співіснують атомне впорядкування і поліморфне перетворення, можна керувати їх міцнісними властивостями в широкому інтервалі значень $\sigma_в$ та ε.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ТОРОИДАЛЬНЫХ ПРОЧНЫХ КОРПУСОВ ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ, ВЫПОЛНЕННЫХ НАМОТКОЙ

Белая С. Ф.
Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова (Украина)

При разработке новых проектов в подводном судостроении уделяют повышенное внимание поиску новых эффективных решений для форм прочных корпусов (ПК) подводных технических средств, в том числе перспективной становится тороидальная оболочка из полимерных композиционных материалов, выполненная намоткой. Существуют проекты подводных аппаратов, лабораторий и буровых платформ, ПК которых имеет форму тороидальной оболочки [1-3]. Применение полимерных композиционных материалов (ПКМ) позволяет существенно уменьшить массу корпуса, что в сочетании с достаточными физико-механическими характеристиками позволяет получить материал с удельной прочностью, которая может в 10 раз превышать аналогичный показатель для высокопрочной стали [4].

Традиционные технологии изготовления металлических ПК используют штамповку, гибку и сварку отдельных секций между собой с сопутствующими остаточными напряжениями и деформациями конструкции. В этом случае сложно обеспечить точность геометрической формы тора. Эффективнее формировать ПК методом намотки нитью. Намотка ПКМ позволяет соблюдать точность геометрической формы оболочки и ее размеров, что важно с позиции устойчивости ПК, а также максимально реализовывать показатели физико-механических характеристик волокнистых ПКМ. Это обусловлено реализацией высокого коэффициента заполнения объема волокном в изделиях, изготовленных намоткой [5].

Цель работы – анализ эффективности использования полимерных композиционных материалов для прочных корпусов подводных аппаратов тороидальной формы выполненных намоткой.

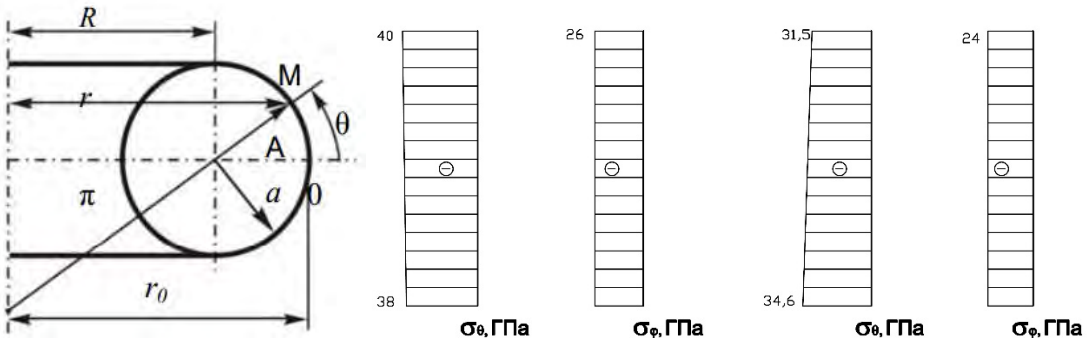
При проектировании прочных корпусов минимальной массы расчеты напряженно-деформированного состояния и верхнего критического давления для оболочки занимают одно из центральных мест. Вопрос устойчивости такой оболочки решен в работе [6].

В настоящей работе исследуется напряженно-деформированное состояние тороидального ПК кругового поперечного сечения, полученного методом поперечной намотки с комбинацией продольной намотки и выкладки, и спиральной намотки нитью.

На базе решения [7] проводится анализ комплексного влияния структурных параметров и механических свойств компонентов композиционных материалов, порядка расположения армированных слоев, геометрии тороидального корпуса на его прочность.

В качестве проектных параметров при решении задачи используются некоторое количество монослоев, структура армирования которых подобна. Это позволяет в ходе оптимизации учитывать технологические особенности строения композитного тороидального ПК, получаемого различными методами непрерывной намотки.

Показано, что учет разнотолщинности, возникающей при намотке поперечных слоев и спиральной намотке, оказывает влияние на величину напряжений. Максимально нагруженная точка находится на внутреннем экваторе. На рис.1 представлены эпюры распределения напряжений в наиболее нагруженных точках тороидального ПК, выполненного спиральной намоткой ($\pm\psi$) из стеклопластика. Прочность пакета оценивалась по энергетическому критерию Мизеса-Хилла [8].



а) *б*) *в*)

Рисунок 1. Расчетная схема (*а*) и эпюры распределения напряжений по толщине сечения тора ($k=a/R$=1 /4, h=15 мм - толщина пакета, глубина погружения 10 м); *б*) θ=π; *в*) θ=0,7π.

Выводы:

1. Получено решение для компонентов напряженного состояния нагруженной внешним гидростатическим давлением торообразной ортотропной оболочки, выполненной поперечной намоткой с комбинацией продольной намотки и выкладки, и спиральной намоткой.

2. Проанализировано эффективность использования ПКМ для изготовления прочных корпусов подводных аппаратов в форме тора в зависимости от отношения его характерных радиусов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пат. UA 78215 U, МПК B63G 8/00. Підводне судно типу «Пірнаюче блюдце» підвищеної маневреності / Бурдун Є.Т., Крептюк А.В. : заявл. 18.09.2012; опубл. 11.03.2013, Бюл. №5.

2. Пат. 04043190A Японии, МКИ B63G 8/00. Large-sized submersible vessel / Bada Eiichi (Mitsubishi Heavy Ind LTD) - №02150689. - Опубл. 13.02.1992.

3. Пат. 2026951 Великобритании, МКИ B63B 3/13. Underwater hulls or tanks / Santi; Giunio G. (Italy, IT) - №7915212 - Опубл. 13,02.1980.

4. Zimmerman S. Submarine Technology for the 21 st Century. / S. Zimmerman // Trafford Publishing, 2000. - 230 p.

5. Комков, М. А. Технология намотки композитных конструкций ракетных средств поражения. - М,: Изд-во МГТУ им Н.Э. Баумана, 2011. - 431 с.

6. Крептюк А.В. Проектирование и метод расчета устойчивости композитных тороидальных прочных корпусов подводных технических средств, полученных продольно-поперечной намоткой / А.В. Крептюк // Проблемы техники: Научно-производственный журнал. -2011.- №2. - С. 113- 127.

7. Белая С.Ф., Петрюк О.В. Напряженное состояние прочного корпуса подводного аппарата в форме тора из композиционных материалов / С.Ф. Белая, О.В. Петрюк // Сучасні технології проектування, побудови, експлуатації і ремонту суден, морських технічних засобів і інженерних споруд: матеріали Всеукр. наук.-техн. конф. (20-22 травня 2015). Миколаїв, 2015.

8. Карпов Я.С. Проектирование деталей и агрегатов из композитов: учебник/ Я.С. Карпов. - Х.: Нац. аэрокосм, ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2010. - 768 с.

ПРОТИКОРОЗІЙНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПІГМЕНТА НА ОСНОВІ НАНОПОРИСТОГО ЦЕОЛІТУ В АЛКІДНОМУ ПОКРИТТІ НА АЛЮМІНІЄВОМУ СПЛАВІ

[1]Білий Л.М., [2]Киця А.Р., [1]Зінь Я.І.
[1]*Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України (Україна)*
[2]*Відділення фізико-хімії горючих копалин Інституту фізико-органічної хімії і вуглехімії ім. Л.М. Литвиненка НАН України (Україна)*

Цеоліти представляють собою алюмосилікати лужних і лужноземельних металів з тетраедричним структурним каркасом, що включає нанорозмірні пустоти, зайняті катіонами натрію, калію, кальцію або магнію та молекулами води [1]. Вони мають широке практичне застосування, в тому числі як наповнювачі та інгібувальні пігменти лакофарбових покриттів [2, 3]. Нанопориста структура та здатність цеолітів до йонного обміну є корисними з погляду одержання на їх основі високоефективних протикорозійних пігментів для ґрунтувальних лакофарбових покриттів.

Метою роботи було одержання комплексного протикорозійного пігменту на основі нанопористого цеоліту та цинку фосфату і вивчення його захисної ефективності в лакофарбовому ґрунтувальному покритті на алюмінієвому сплаві.

На основі синтетичного цеоліту Na-A, попередньо модифікованого іонами Ca^{2+} синтезували комплексний протикорозійний пігмент "цеоліт–Ca^{2+}/$Zn_3(PO_4)_2$" за співвідношення цеолітного і фосфатного компонентів 1:1. Синтез здійснювали в скляному реакторі за кімнатної температури. Наважку Ca^{2+}-цеоліт поміщали в 0,33 М розчин $Zn(CH_3COO)_2$, після чого при постійному перемішуванні додавали 0,56 М розчин $(NH_4)_3PO_4$. Утворений осад відділяли з використанням лійки Бюхнера та колби Бунзена і висушували у вакуумі при 120^0С. З даних елементного аналізу на енергодисперсійному рентгенівському спектрометрі INCA Energy 350 (табл. 1), видно, що співвідношення Zn:P у комплексному пігменті є близьким до еквімолярного для цинку фосфату (3:2).

Таблиця 1. Елементний склад комплексного протикорозійного пігменту

Елемент	«цеоліт–Ca^{2+}/$Zn_3(PO_4)_2$»	
	% мас.	% ат.
O	41,51	66,32
Al	3,92	3,71
Si	5,85	5,33
P	11,60	9,58
Ca	2,23	1,42
Zn	34,88	13,64

З використанням сканівного електронного мікроскопа EVO-40XVP досліджено морфологію отриманого протикорозійного пігменту (рис. 1). Встановлено, що він є однорідним порошком мікронних розмірів. На електронних зображеннях композиції «цеоліт–Ca^{2+}/$Zn_3(PO_4)_2$» є неможливою ідентифікація окремих фрагментів, а також окремих часток цинку фосфату, що може свідчити про кристалізацію $Zn_3(PO_4)_2$ саме на поверхні цеоліту та його зв'язування з частками цього алюмосилікату завдяки утворенню незначної кількості подвійного фосфату $CaZn_2(PO_4)_2$ на межі поділу фаз.

Потенціодинамічні поляризаційні дослідження сплаву Д16Т у середовищі синтетичного кислого дощу з екстрактами протикорозійних пігментів виявили (рис. 2), що комплексний пігмент «цеоліт–Ca^{2+}/$Zn_3(PO_4)_2$» значно переважає за протикорозійною ефективністю комерційний цинк фосфатний пігмент Novinox PZ02, а також композицію «цеоліт–Ca^{2+} + Novinox PZ02», взятих за співвідношення 1:1. Для комплексного пігменту характерний сильний катодний контроль корозії алюмінієвого сплаву, що свідчить про формування в його екстракті на поверхні інтерметалічних включень корозійностійкої плівки.

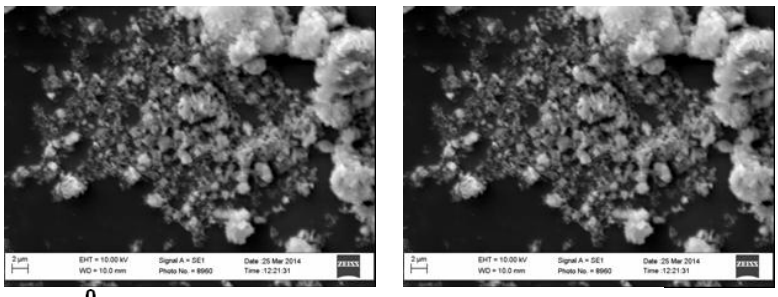


Рисунок 1. Електронно-мікроскопічне зображення композиту «цеоліт–$Ca^{2+}/Zn_3(PO_4)_2$»

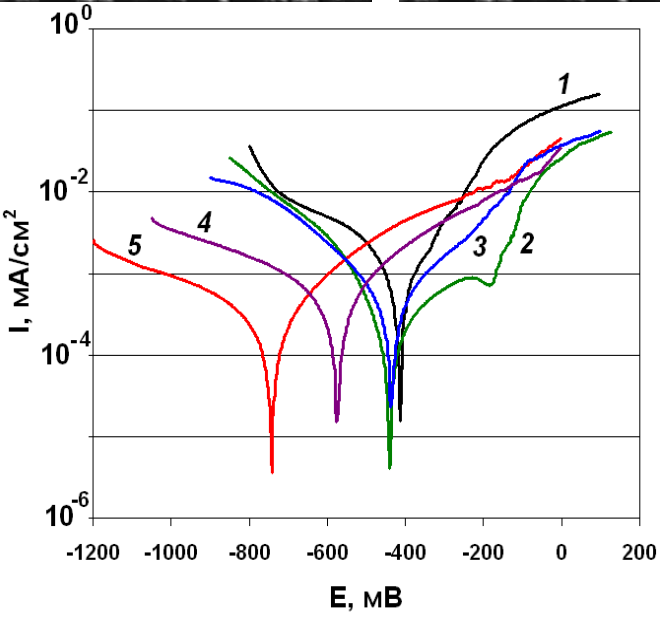


Рисунок 2. Потенціодинамічні поляризаційні залежності сплаву Д16Т після 24 год витримування в розчині кислого дощу: 1 – неінгібованому, 2 – з Са-цеолітом, 3 – з цинк фосфатом Novinox PZ02, 4 – з Са-цеоліт + цинку фосфат Novinox PZ02, 5 – з комплексним пігментом Са-цеоліт/цинку фосфатом

Інгібувальна активність комплексного пігменту «цеоліт–$Ca^{2+}/Zn_3(PO_4)_2$» вища порівняно з відомим фосфатним пігментом Novinox PZ02, що можливо спричинено одержанням нанорозмірної структури цинку фосфату внаслідок його осадження з водного розчину на напористу цеолітну матрицю. Зменшення розмірів кристалів цинку фосфату до нанорівня призводить до значного зростання його розчинності і, відповідно, до більшої концентрації інгібувальних йонів Zn^{2+} та PO_4^{3-} в корозивному середовищі. Високу протикорозійну ефективність кальцієвмісного цеоліту, що містить нанорозмірну фосфатну складову, можна пояснити утворенням на поверхні алюмінієвого сплаву адсорбційної захисної плівки внаслідок взаємодії йонів Ca^{2+}, Zn^{2+} та PO_4^{3-}.

Отже, комплексний пігмент на основі цеоліту з осадженою нанорозмірною цинк фосфатною фазою має підвищені протикорозійні властивості і може розглядатися як безпечний та ефективний замінник відомих комерційних фосфатних пігментів у антикорозійному захисті алюмінієвих сплавів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Introduction to Zeolite Science and Practice. (Studies in Surface Science and Catalysis, Vol. 58). Eds. H. Van Bekkum, E.M. Flanigen, J.C. Jansen. Amsterdam - Oxford - New York – Tokyo: Elsevier, 1991. – 771 p.

2. N.M. Ahmed, H.S. Emira, M.M. Selim. Anticorrosive performance of ion-exchange zeolites in alkyd-based paints // Pigment & Resin Technology. – 2011. – V.40/2. – P.91-99.

3. C. Deya, R. Romagnoli, B. Del Amo. A new pigment for smart anticorrosive coatings // Journal of Coating Technjljgy. – 2007. – V. 4(2). – P.167-175.

ВИЗНАЧЕННЯ КРИТЕРІАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРІЩИНОПОДІБНИХ ДЕФЕКТІВ У СФЕРИЧНИХ ЕЛЕМЕНТАХ КОНСТРУКЦІЙ

Білий О.Л.
Фізико-механічний інститут ім. Г.В.Карпенка НАН України (Україна)

Проблема безпечної роботи різноманітного обладнання на даний момент стає надзвичайно актуальною для промисловості України [0]. Плановий ресурс працездатності експлуатованого обладнання вичерпується і на практиці з'являється велика кількість пошкоджень різного характеру, які утворилися внаслідок експлуатації або вже й існували внаслідок специфіки його виготовлення [0, 0]. У зв'язку з даною проблемою для забезпечення більш безпечної роботи обладнання необхідні кількісні підходи до оцінювання виявлених тріщиноподібних дефектів, тобто, по суті, виникає потреба в методах експрес-аналізу, на базі котрих в поєднанні з відомостями про стан досліджуваних об'єктів можна проаналізувати той чи інший дефект, що має місце в певному елементі конструкції. У зв'язку з цим, мета даної роботи спрямована на визначення критеріальних характеристик величини існуючих тріщиноподібних дефектів у сферичних конструкційних елементах.

Як відомо, однією з найважливіших характеристик опору матеріалу поширенню втомної тріщини є діаграма циклічної тріщиностійкості матеріалу, тобто залежність швидкості росту тріщини da/dN від коефіцієнта інтенсивності напружень (КІН) [0]. Такі діаграми розміщені між двома граничними значеннями: нижнім пороговим значенням ΔK_{th}, за якого не відбувається ріст корозійно-втомної тріщини, і верхнім ΔK_{fc}, за якого настає спонтанний ріст тріщини. Поряд з використанням даних значень у роботі запропоновано для сферичних конструктивних елементів з різними тріщиноподібними дефектами залежності типу [0]:

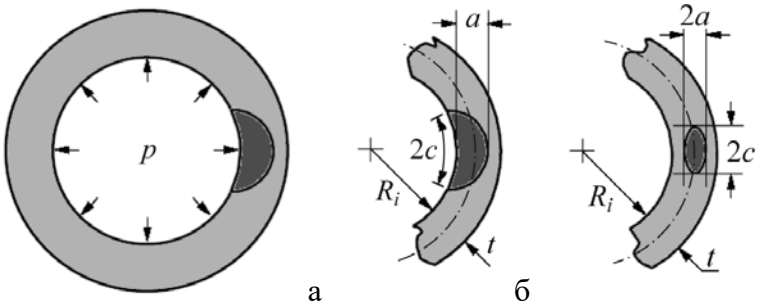
$$\sqrt{t}/p \cdot dK_I/da = F\left(a/t\right), \qquad (1)$$

де t – розмір конструктивного елемента в напрямку поширення тріщини; p – внутрішній тиск, a – глибина тріщини.

Характерною особливістю таких залежностей – це існування певного значення параметра $(a/t)^*$, починаючи з якого зростає величина dK_I/da. Значення $(a/t)^*$ розглядали як характеристики існуючих дефектів. Дефект, для якого значення цього параметру є найменшим, може вважатися найбільш небезпечним.

На рис. 1 зображені модельні схеми півеліптичної тріщини на внутрішній поверхні сферичної оболонки (рис.1б) та еліптичної тріщини в стінці сферичної оболонки (рис.1в).

Для кожного з розглянутих випадків було побудовано залежність $F\left(a/t\right)$ (1). Моделювання параметрів сферичної оболонки здійснювали зміною співвідношення R/t, а геометричних параметрів тріщиноподібного дефекту – зміною співвідношення a/c.



а б в

Рисунок 1. Сферична оболонка під дією внутрішнього тиску (а) з півеліптичною тріщиною на внутрішній поверхні (б) та з внутрішньою еліптичною тріщиною (центрованою) (в) : a, $2a$ – глибина тріщини; $2c$ – її ширина; R_i – внутрішній радіус; t – товщина стінки сфери; p – внутрішній тиск.

Для сферичної оболонки, що знаходиться під дією внутрішнього тиску ступінь небезпеки внутрішніх півеліптичних тріщин (табл. 1) залежить від їх розмірів і зростає зі збільшенням R/t, причому найнебезпечнішими є тріщиноподібні дефекти з найбільшими R/t та a/c. Порівняльне оцінювання півеліптичних тріщиноподібних дефектів різної форми a/c свідчить (табл. 2), що зі зростанням відношення a/c, тріщини стають більш небезпечними, оскільки значення $(a/t)^*$ за $a/c=0{,}3$ є меншим, ніж за $a/c=0{,}1$.

Таблиця 1. Характеристичні значення параметра $(a/t)^*$ для сферичної оболонки з внутрішньою півеліптичною тріщиною та для сферичної оболонки з еліптичною тріщиною в її стінці.

Конструктивний елемент з дефектом	R/t	$(a/t)^*$
Півеліптична тріщина $a/c=0{,}1$ на внутрішній поверхні сфери	4	0,366
	6	0,354
	10	0,349
Еліптична тріщина $a/c=0{,}5$ у стінці сферичної оболонки під дією внутрішнього тиску	4	0,566
	6	0,542
	10	0,518

Таблиця 2. Характеристичні значення параметра $(a/t)^*$ для сферичної оболонки з параметрами $R/t=4$ під дією внутрішнього тиску з різними тріщинами під дією внутрішнього тиску.

Конструктивний елемент з дефектом	a/c	$(a/t)^*$
Півеліптична тріщина на внутрішній поверхні сферичної оболонки	0,1	0,326
	0,2	0,293
	0,3	0,283
Еліптична тріщина у стінці сферичної оболонки під дією внутрішнього тиску	0,2	0,492
	0,5	0,566
	0,8	0,630

У випадку еліптичних тріщиноподібних дефектів у стінці сферичної оболонки помітно, що вони залежать від розмірів оболонки, тобто зі зростанням відношення R/t небезпека тріщиноподібних дефектів збільшується (табл. 1). За сталого R/t більш видовжені еліптичні тріщиноподібні дефекти (табл. 2) є суттєво небезпечніші від менш видовжених.

Висновки. У роботі вперше запропоновано метод оцінювання небезпеки від різних тріщиноподібних дефектів, що містяться в сферичних елементах конструкцій на основі показника «опірності елемента конструкції росту тріщини», який є характеристикою швидкості зміни коефіцієнта інтенсивності напружень з розвитком тріщини. Здійснено апробацію запропонованого методу для таких об'єктів та встановлено характеристичні значення розміру дефекту $(a/t)^*$, починаючи з якого має місце різке зростання швидкості зміни коефіцієнта інтенсивності напружень K_I.

ЛІТЕРАТУРА

1. Дмитрах І. М. Механіка руйнування і міцність матеріалів [текст] // Дмитрах І. М., Вайнман А. Б., Стащук М. Г. [та ін.]; Довідн. пос. за заг. ред. В. В. Панасюка. Т. 7: Надійність та довговічність елементів конструкцій теплоенергетичного устаткування / За ред. І. М. Дмитраха. – К.: Академперіодика, 2005. – 378 с.

2. Цільова комплексна програма наукових досліджень НАН України „Проблеми ресурсу і безпеки експлуатації конструкцій, споруд та машин" [текст] // Зб. наук. статей за результатами, отриманими в 2007–2009 рр. / За заг. ред. Б. Є. Патона. – К.: Ін-т електрозварювання ім. Є. О. Патона, 2009. – 709 с.

3. Дмитрах І. М. Механіка руйнування і міцність матеріалів [текст] / Дмитрах І. М., Тот Л., Білий О.Л. [та ін.] // Довідн. пос. за заг. ред. В. В. Панасюка. Т. 13: Працездатність матеріалів і елементів конструкцій з гострокінцевими концентраторами напружень – Львів. Сполом, 2012. – 316 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТРИБОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЕПОКСИКОМПОЗИТІВ З МІНЕРАЛЬНИМИ ЧАСТКАМИ І ТЕРМОПЛАСТОМ В УМОВАХ ВПЛИВУ МОРСЬКОЇ ВОДИ

Браїло М.В.
Херсонська державна морська академія (Україна)

Основною вимогою, яку ставить сучасна промисловість при експлуатації технічних засобів та механізмів, є їх безвідмовність. Безвідмовність деталей та механізмів збільшується при виготовленні їх із конструкційних матеріалів, які мають підвищені фізико-механічні та трибологічні характеристики. У цьому аспекті широко розповсюджені конструкційні матеріали на основі полімерних композитів. Водночас на сьогодні перспективним і актуальним є створення матеріалів на основі епоксидних полімерів з покращеними фізико-механічними та трибологічними властивостями.

Мета роботи – розробити матеріал на основі епоксидної матриці, дисперсних наповнювачів та термопластів з поліпшеними трибологічними властивостями.

Матеріали та методика дослідження. У роботі дослідження трибологічних властивостей проводили в умовах впливу морської води на випробовувальній машині серійного виробництва 2070 СМТ-1. Використовували розроблені композитні матеріали (КМ) на основі епоксидної матриці та двокомпонентних бідисперсних наповнювачів наступного складу: 1) матеріал, наповнений частками антифрикційного графіту марки АГ-1500 (дисперсність 63…80 мкм) та перліту (дисперсність 5…10 мкм) у співвідношенні 60 : 20 відповідно (матеріал АГП); 2) матеріал, наповнений частками сірого шламу (СШ) (дисперсність 63…80 мкм) та перліту (дисперсність 5…10 мкм) у співвідношенні 50 : 50 (матеріал СШП). До перерахованих вище матеріалів додавали гранули термопластичного наповнювача поліаміду ПА-6. Гранули розташовували боковою поверхнею до області тертя за вмісту q = 30 мас. ч. та q = 60 мас. ч. наступного складу: АГПП-БП (АГ-1500 + перліт + поліамід); СШПП-БП (сірий шлам + перліт + поліамід).

Результати досліджень та їх обговорення. Експериментально встановлено, що матеріал АГПП-БП (вміст гранул поліаміду q = 30 мас. ч.) при збільшенні швидкості ковзання від v = 0,5 м/с до v = 1,0 м/с характеризується поліпшеними трибологічними властивостями. За збільшення швидкості ковзання робочий коефіцієнт тертя зменшується від f = 0,145…0,155 до f = 0,038…0,045, робочий момент тертя від M = 1,9…2,1 Н×м до M = 0,5…0,6 Н×м, інтенсивність зносу від I_m = 0,60…0,70 мг/км до I_m = 0,05…0,07 мг/км, шлях припрацювання від l = 4600…5000 м до l = 2400…2800 м. Температура КМ при цьому практично не змінюється і становить T = 303…305 К.

Коефіцієнт тертя матеріалу АГПП-БП за вмісту q = 30 мас. ч. становить f = 0,065…0,092, момент тертя – M = 0,9…1,2 Н×м, інтенсивність зносу – I_m =0,20…0,60 мг/км, шлях припрацювання – l = 2600…7200 м, температура КМ при цьому становить – T = 302…306 К. Однак, слід зазначити, що максимально поліпшені показники інтенсивності зносу та шляху притирання має матеріал за вмісту гранул q = 30 мас. ч. та швидкості ковзання v = 1,0 м/с.

При дослідженні матеріалу СШПП-БП встановлено, що тенденція зміни властивостей матеріалу СШПП-БП при швидкостях ковзання v = 0,5 м/с та v = 1,0 м/с подібна до динаміки властивостей композиту АГПП-БП. При цьому встановлено, що матеріал СШПП-БП характеризується вищими показниками коефіцієнту і моменту тертя, порівняно із АГПП-БП. Методом оптичної мікроскопії підтверджено наведені вище результати дослідження.

Висновки. На основі отриманих результатів виявлено, що матеріал АГПП-БП (вміст гранул поліаміду q = 30 мас. ч.) за швидкості ковзання v = 1,0 м/с відрізняється поліпшеними трибологічними властивостями: коефіцієнт тертя – f = 0,038…0,045, момент тертя – M = 0,5…0,6 Н×м, інтенсивність зносу – I_m = 0,05…0,07 мг/км, шлях припрацювання – l = 2400…2800 м, температура КМ – T = 303…305 К.

ТРИБОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЕПОКСИКОМПОЗИТІВ З ДИСПЕРСНИМИ ЧАСТКАМИ В УМОВАХ ВПЛИВУ АГРЕСИВНОГО СЕРЕДОВИЩА

[1]Браїло М.В., [2]Яцюк В.М., [3]Кобельник О.С., [1]Алексенко В.Л., [4]Вухерер Т.
[1]*Херсонська державна морська академія (Україна)*
[2]*Тернопільський національний педагогічний університет імені В.Гнатюка (Україна)*
[3]*Технічний коледж Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (Україна)*
[4]*Маріборський університет (Словенія)*

Експлуатація технічних засобів призводить до зношування деталей або пошкодження їх робочих поверхонь. Завданням сучасної промисловості є застосування деталей з конструкційних композитних матеріалів (КМ), які матимуть підвищений термін експлуатації та здатність протидіяти знакозмінним навантаженням. Тому завжди є пріоритетним і актуальним питання щодо створення матеріалів з незначною собівартістю і високими показниками трибологічних та фізико-механічних характеристик.

Мета роботи – дослідити трибологічні властивості епоксикомпозитних матеріалів в умовах впливу агресивних середовищ.

Матеріали та методика дослідження. Для дослідження трибологічних властивостей використовували розроблені КМ наступного складу: 1) матриця на основі епоксидної смоли CHS-Ероху 525 (q = 100 мас. ч.) і твердників: ПЕПА + Telalit 410 (q_1+q_2 = 5+5 мас. ч.), сформована при температурі зшивання T = 433 К; 2) матеріал, наповнений частками антифрикційного графіту марки АГ-1500 (дисперсність 63…80 мкм) та перліту (дисперсність 5…10 мкм) у співвідношенні 60 : 20 відповідно (матеріал АГП); 3) матеріал, наповнений частками сірого шламу (СШ) (дисперсність 63…80 мкм) та перліту (дисперсність 5…10 мкм) у співвідношенні 50 : 50 (матеріал СШП). Матеріали досліджували в умовах впливу морської води на випробувальній машині серійного виробництва 2070 СМТ-1 за схемою «диск-колодка» і методикою відповідно до ГОСТ 23.224-86.

Результати досліджень та їх обговорення. Встановлено, що склад матеріалу, умови тертя та природа агресивного середовища (морська вода) суттєво впливають на трибологічні властивості КМ. Доведено, що матриця має нижчі показники трибологічних властивостей в умовах тертя у морській воді, порівняно з аналогічними показниками при сухому терті. Причому підвищення швидкості ковзання впливає на показники несуттєво. За швидкості ковзання від v = 0,5 м/с коефіцієнт тертя матриці становить f = 0,175…0,190, момент тертя M = 2,4…2,6 Н×м, інтенсивність зносу I_m =0,3…0,5 мг/км, температура КМ T = 305…316 К, шлях припрацювання – l = 3900…7100 м. Для матеріалу АГП встановлено підвищення коефіцієнту тертя від f = 0,070…0,075 (при v = 0,5 м/с) до f = 0,230…0,240 (при v = 1,0 м/с), моменту тертя від M = 0,9…1,0 Н×м до M = 2,9…3,0 Н×м. Водночас інтенсивність зносу зменшується від I_m =0,20…0,30 мг/км до I_m = 0,05…0,07 мг/км. При цьому температура КМ змінюється несуттєво і становить – T = 303…308 К, однак шлях припрацювання при збільшенні швидкості ковзання від v = 0,5 м/с до v = 1,0 м/с збільшується від l = 4500…5000 м до l = 9100…1000 м. Отримані результати підтверджено методом оптичної мікроскопії при дослідженні поверхні тертя.

Висновки. Експериментально встановлено, що серед досліджуваних композитів з двокомпонентними бідисперсним наповнювачем в умовах впливу агресивного середовища морської води поліпшеними трибологічними властивостями відрізняється матеріал АГП. Причому найменший показник інтенсивності зносу має матеріал АГП за швидкості ковзання v = 1 м/с (I_m = 0,05…0,07 мг/км), а найменший коефіцієнт тертя (f = 0,070…0,075) та момент тертя (M = 0,9…1,0 Н×м) у комплексі із шляхом притирання (l = 4500…5000 м) – матеріал АГП за швидкості ковзання v = 0,5 м/с.

ПОЛІПШЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЕПОКСИКОМПОЗИТІВ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ КАРБОНАТУ АРГЕНТУМУ

[1]Букетов А.В., [1]Зінченко Д.О., [2]Красненький В.М., [3]Абдалла Мено
[1]*Херсонська державна морська академія (Україна)*
[2]*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)*
[3]*Міжнародна академія цивільної авіації (Марокко)*

Постановка проблеми. На сьогодні виникає необхідність захисту технологічного устаткування від агресивних середовищ, знакозмінних температур, динамічних навантажень та ін. Одним із методів поліпшення експлуатаційних характеристик деталей машин та механізмів є застосування захисних покриттів різного функціонального призначення на основі епоксидних зв'язувачів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. При використанні наповнювачів, особливу увагу приділяють рівномірному розподілу часток за об'ємом і водночас попередженню їх агрегації, а також визначенню оптимального вмісту часток у зв'язувачі. Одним із шляхів вирішення цього завдання є використання ультразвукової обробки композицій за оптимальних режимів до введення твердника. Виходячи з цього, дослідження впливу часток на фізико-механічні характеристики матеріалів є актуальним завданням сучасного полімерного матеріалознавства.

Мета роботи – дослідити вплив карбонату арґентуму на фізико-механічні властивості епоксидних композитів.

Результати дослідження. Мікродисперсний карбонат арґентуму (КА) вводили у епоксидний зв'язувач за вмісту $q = 0{,}025…1{,}000$ мас.ч. Результати експериментальних досліджень наведено у таблиці 1.

Таблиця 1 – Фізико-механічні властивості композитів, наповнених КА

Вміст КА, q, мас.ч	$\sigma_{зг}$, МПа	E, ГПа
матриця	48,00	2,90
0,025	33,63	3,34
0,050	34,88	3,21
0,100	69,42	3,11
0,250	63,20	3,20
0,500	60,10	3,39
1,000	120,41	2,51

Встановлено, що максимальне значення руйнівних напружень при згинанні ($\sigma_{зг} = 120{,}41$ МПа) композитного матеріалу (КМ) спостерігали за вмісту КА $q = 1{,}000$ мас.ч. Водночас максимальне збільшення модуля пружності при згинанні КМ ($E = 3{,}39$ ГПа) спостерігали при введенні у зв'язувач КА за вмісту $q = 0{,}500$ мас.ч. Отримані результати дослідження дозволили виявити складний перебіг фізико-хімічних процесів при полімеризації КМ та значне поліпшення фізико-механічних властивостей розроблених матеріалів за критичного вмісту наповнювача.

Висновки. На основі результатів дослідження фізико-механічних властивостей встановлено, що для формування матриці необхідно у епоксидний олігомер ЕД-20 вводити наповнювач карбонат аргентуму за вмісту $q = 0{,}500…1{,}000$ мас. ч. У такому випадку формується матеріал з наступними властивостями: руйнівні напруження при згинанні становлять $\sigma_{зг} = 60{,}10…120{,}41$ МПа, а модуль пружності при згинанні – $E = 2{,}51…3{,}39$ ГПа.

ДОСЛІДЖЕННЯ АДГЕЗІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОЛІМЕРКОМПОЗИТНИХ ЗАХИСНИХ ПОКРИТТІВ

[1]Гарматюк Р.Т., [2]Чихіра І.В., [2]Микитишин А.Г.
[1]*Кременецька обласна гуманітарно-педагогічна академія ім. Тараса Шевченка (Україна)*
[2]*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)*

Вступ. На даному етапі розвитку промисловості України постало питання створення нових метало- й енергозберігаючих технологій для покращення експлуатаційної надійності механізмів та машин. Перспективним у цьому плані є розробка та застосування полімерних композицій, зокрема на епоксидній основі. Такі матеріали є технологічними при нанесені на довговимірні деталі складного профілю поверхні та характеризуються підвищеними експлуатаційними характеристиками. Збільшити ресурсотриваліть металомісткого матеріалу можна шляхом використання захисного покриття на основі полімерної матриці. Даний матеріал при введенні дисперсних наповнювачів дозволяє покращити експлуатаційні властивості захисного покриття.

Актуальність досліджень. У процесі розвитку сучасних технологій важливим є створення полімерних композитних матеріалів із наперед заданими властивостями шляхом регулювання міжфазних процесів при структуроутворенні композитів на стадії їх формування у вироби, що дозволяє підвищити їх експлуатаційні характеристики. З цією метою сьогодні використовують традиційні методи – введення у матрицю наповнювачів різної фізичної і хімічної природи, регулювання температурно-часових параметрів полімеризації, введення модифікаторів для покращення процесів зшивання матриці. Епоксиднодіанова смола відзначається доброю в'язкотекучістю, що дозволяє щільно заповнювати щілини та при додаванні дисперсного наповнювача й забезпечити високі антикорозійні властивості покриття [1]. Адгезійні властивості епоксидних захисних покриттів в значній мірі залежать від кількості та хімічної природи наповнювача, виду пластифікатора та твердника, а також від процесу затвердіння [2].

У роботі досліджено адгезійні властивості захисного покриття залежно від кількості та виду пластифікатора при рівномірному відриві та зсуві.

Постановка задачі. Матрицею у дослідженнях використано епоксидіанові олігомери ЕД-16, ЕД-20. Процес твердіння проходив при додаванні рідкого ізометілтетрагідрофалевого ангідриду (ізо-МТГФА) у присутності триетаноламіну. Щоб уникнути усадки при твердінні використовували пластифікатор у вигляді 65% розчину ненасиченого поліефірмалеїнатного олігомеру в триетиленгліколі (ПЕ-220), дибутилфталат (ДБФ) і нітрильний каучук (СКН-26-1).

Адгезійні властивості досліджували при рівномірному зсуві і відриві клейових з'єднань. При встановленні межі міцності на відрив використовували пристрій у вигляді грибків з конічним захватом для самоцентрування. Площа склеювання зразків зі сталі 45 становила 1 см^2. Зразки випробовували на розривній машині ДМ-30М.

Результати досліджень. Вплив пластифікуючих добавок на адгезійні властивості полімеркомпозитів показали, що введення 16…20 мас.ч. дибутилфталату (ДБФ) та дімалеїнаттриетиленгліколю (ПЕ-220) на 100 мас. ч. епоксидного олігомеру призводить до підвищення міцності полімеркомпозитів при відриві.

Полімерну матрицю формували на основі низькомолекулярної епоксидної смоли, яку обробляють ангідридним затверджувачем. При дослідженні впливу часу полімеризації

на межу міцності при рівномірному відриві і зсуві було встановлено, що із збільшенням цього часу до 7 год напруга зростає. Подальше збільшення часу витримки погіршує адгезійні властивості, що пов'язано з частковою деструкцією полімеру (рис. 1).

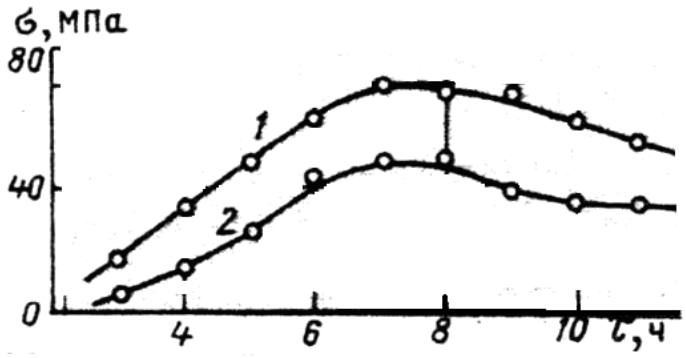


Рисунок 1. Залежність межі міцності композиції σ від часу термообробки τ при рівномірному відриві (1) і зсуві (2)

Висновки. На підставі проведених досліджень був розроблений склад композиції і технологія її нанесення на деталі складного профілю. Визначений оптимальний вміст дисперсних наповнювачів. Розроблені покриття можна рекомендувати для впровадження у виробництво для захисту устаткування від корозії та гідроабразивного зношування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Князев В.К. Эпоксидные конструкционные материалы в машиностроении / В.К.Князев – М.: Машиностроение, 1977. – 179с.

2. Кардашов Д.А. Конструкционные клеи / Д.А. Кардашов. – М.: Химия, 1980. – 286 с.

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ УМОВ ЕМУЛЬСІЙНОЇ КООЛІГОМЕРИЗАЦІЇ ФРАКЦІЇ C_9 ШЛЯХОМ СТВОРЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ

Дзіняк Б.О., Субтельний Р.О., Оробчук О.М., Фуч У.В.
Національний університет «Львівська політехніка» (Україна)

У процесі піролізу поряд з основними продуктами утворюються значні кількості (20...40%) побічних рідких продуктів піролізу з високою молекулярною масою. Їх використовують для одержання коолігомерів (вуглеводневих смол) [1].

Дослідження процесів одержання коолігомерів є актуальним з огляду на екологічні проблеми утилізації відходів нафтохімічних виробництв та задоволення потреб хімічної промисловості в синтетичних замінниках продуктів природного походження, а також для виробництв ряду галузей промисловості України: лакофарбової, гумової, целюлозно-паперової тощо.

Для одержання вуглеводневих смол використовують методи термічної, ініційованої і каталітичної олігомеризації. За кордоном переважну частину вуглеводневих смол отримують каталітичною коолігомеризацією [2].

У промисловості для кваліфікованої переробки вуглеводневих фракцій використовують метод радикальної коолігомеризації, оскільки процес здійснюють при нижчих температурах і меншій тривалості порівняно з термічною. Даний метод має перевагу над каталітичною коолігомеризацією оскільки немає енергозатратної стадії відділення каталізатора від реакційної суміші [2, 3].

Нами запропоновано використовувати коолігомеризацію в емульсії ненасичених вуглеводнів фракції C_9 рідких продуктів піролізу. Вказаний метод дозволяє суттєво знизити температуру процесу та тривалість реакції порівняно із промисловими методами синтезу коолігомерів на основі фракцій рідких побічних продуктів піролізу (РППП) нафтової сировини [4].

Для визначення оптимальних умов проведення процесу емульсійної коолігомеризації та оптимізації проведення досліджень будують математичну модель на основі планування повнофакторного експерименту (ПФЕ).

Сировиною для коолігомеризації є фракція C_9 РППП дизельного палива, яка має наступні характеристики: густина – 936 кг/м^3; бромне число – 68,0 г, Br_2/100г; молекулярна маса – 102; вміст ненасичених сполук до 45 % у т.ч. стиролу – 17,85 %, вінілтолуолів – 6,99 %, дициклопентадієну – 18,00 %, індену – 1,25 %. Ініціатор – персульфат калію (ПБ). Використовували 1%-й розчин ініціатора у воді. Емульгатор – Е-30 (суміш лінійних алкансульфонатів з довжиною вуглецевого ланцюга – C_{15}), розчинний у водному середовищі. Дослідження проводили при постійному інтенсивному перемішуванні.

Проведено серію дослідів при різних комбінаціях параметрів оптимізації. Для одержаних продуктів визначали вихід, колір і ненасиченість коолігомеру. Результати досліджень відповідно до встановленого плану експерименту наведено в табл.1.

За результатами розрахунків для плану ПФЕ 2^3 одержали лінійні рівняння регресії:

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3,$$

Після розкодування змінних одержали рівняння, що описують залежність виходу (B), молекулярної маси (MM) та бромного числа ($БЧ$) коолігомеру від концентрації емульгатора Е-30 ($C_{ем}$), інтенсивності перемішування (V) та об'ємного співвідношення [фракція C_9]:[вода] (W):

Одержали рівняння виходу продукту:

$$B = 1,325 + 12C_{ем} + 0,004063V + 0,034W.$$

Рівняння визначення молекулярної маси після розкодування змінних набуває вигляду:

$$MM = 162,5 + 362,5C_{ем} + 0,184375V + 0,9W .$$

Таблиця 1. Результати емульсійної коолігомеризації

Умови емульсійної коолігомеризації			Вихід і фізико-хімічні властивості коолігомерів		
Концентрація ініціатора (*С*), % мас.	Швидкість перемішування, об/хв	Об'ємне співвідношення [фракція C_9]:[вода]	Вихід коолігомеру (*В*), % мас	Молекулярна маса коолігомеру (*ММ*)	Бромне число коолігомеру (*БЧ*), г Br_2/100 г
0,4	800	1:1	10,9	500	34,8
0,6	800	1:1	13,8	560	30,6
0,4	1600	1:1	14	630	32,3
0,6	1600	1:1	16,9	750	35,9
0,4	800	1:3	11,8	540	30,4
0,6	800	1:3	14,3	590	37,0
0,4	1600	1:3	15,8	670	30,2
0,6	1600	1:3	17,1	730	27,0

Рівняння визначення бромного числа після розкодування змінних має вигляд:

$$БЧ = 75,32 - 39,625C_{ем} - 0,01159V - 0,039W .$$

Висновки. На основі даних статистичної обробки результатів досліджень визначено рівняння залежностей зміни виходу, молекулярної маси і ненасиченості коолігомеру від концентрації емульгатора, інтенсивності перемішування і об'ємної частки води.

ЛІТЕРАТУРА

1. Думский Ю. В. Химия и технология нефтеполимерных смол / Ю.В. Думский, Б.И. Но, Г.М. Бутов // М: Химия. - 1999. - 312 с.

2. Дзіняк Б.О. Наукові основи і технологія коолігомерів з побічних продуктів піролізу вуглеводнів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора техн. наук: спец. 05.17.04 «Технологія продуктів органічного синтезу» / Б. О. Дзіняк; Національний університет «Львівська політехніка». – Львів, 2013. – 40 с.

3. Ворончак Т.О. Основи технології коолігомеризації ненасичених компонентів фракції C_9 в присутності гетерогенних каталізаторів природного походження / автореф. дис. на здобуття вченого звання канд. техн. наук.: спец. 05. 17. 04 / Нац. ун-т «Львівська політехніка». – Львів, 2013. – 20 с.

3. Субтельний Р.О. Коолігомеризація в емульсії вуглеводнів фракції С9 з використанням персульфату калію / Р.О. Субтельний, У.В. Фуч, Л.В. Ревенко, Б.О.Дзіняк // Вісник Національного університетуту «Львів. Політехніка». Хімія, технологія речовин та їх застосування. - 2013.-№ 761. –С. 209-212.

ОСОБЕННОСТИ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ПОЛИМЕРНЫХ НАНОКОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИКАРБОНАТА

[1]Динжос Р.В., [1]Махровский В.Н., [2]Фиалко Н.М., [2]Шеренковский Ю.В.
[1]*Николаевский национальный университет им. В.А. Сухомлинского (Украина)*
[2]*Институт технической теплофизики НАН Украины (Украина)*

В последний период наблюдается тенденция к расширению областей использования полимерных материалов за счет применения их различных композиций. Данные композиции, как известно, обладают существенно более широким спектром физико-механических и технологических свойств. При этом особо выделяются полимерные микро- и нанокомпозиты, свойства которых улучшены введением в полимерную матрицу относительно незначительного количества частиц наполнителя соответствующих размеров [1-4].

Задачи разработки новых полимерных микро- и нанокомпозитов требуют проведения углубленных исследований, направленных на изучение особенностей формирования их структуры в процессе кристаллизации, что в большой мере определяет свойства получаемых материалов.

Используемая экспериментально-теоретическая методика установления механизмов структурообразования включала два этапа, первый из которых состоял в экспериментальном определении экзотерм кристаллизации композита при его охлаждении из расплава с заданной постоянной скоростью. Здесь тепловой поток, отводимый от композита, определялся в сухой атмосфере азота методом дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) на установке Perkin Elmer DSC-2 с модифицированным программным обеспечением от IFA Gmb, Ulm [5]. При этом образец, помещенный в ячейку, нагревался до температуры 550 К, превышающей температуру плавления матрицы примерно на 50 К, выдерживался при данной температуре в течение 180 с и далее охлаждался до температуры равной 400 К при фиксированной скорости его охлаждения.

Второй этап применяемой методики заключался в теоретическом определении на основе полученных экспериментальных данных характеристик структурообразования на стадии начала формирования в материале отдельных упорядоченных структур с использованием уравнения нуклеации и в нахождении параметров образования таких структур на стадии их формирования во всем объеме композита с применением уравнения Колмогорова – Аврами [6]

$$\alpha(\tau) = 1 - exp\left(-K_n\,\tau^n\right), \qquad (1)$$

где $\alpha(\tau)$ представляет собой отношение текущего и конечного объемов закристаллизовавшегося материала, K_n – эффективная константа скорости, n – псевдопараметр формы.

Выполнены экспериментально-теоретические исследования по установлению механизмов структурообразования при кристаллизации из расплава полимерных композитов на основе поликарбоната, наполненных углеродными нанотрубками или микрочастицами алюминия. Исследования проведены при изменении массовой доли наполнителя ω от 0,2 % до 4 % и варьировании скорости охлаждения V_t композита из расплава от 0,0083 до 0,333 К/с.

Экспериментально получены экзотермы кристаллизации для рассматриваемых полимерных микро- и нанокомпозитов. Выявлены эффекты влияния скорости охлаждения композита из расплава V_t и доли наполнителя ω на различные характеристики процесса кристаллизации. В частности показано, что с ростом V_t происходит снижение максимума отводимого от композита теплового потока Q_{max} и уменьшение температур начала T_N и конца T_K кристаллизации при заметном повышении интервала температур кристаллизации

ΔT. Установлен также факт трансформации унимодального пика на экзотермах кристаллизации в бимодальный при повышении массовой доли наполнителя ω.

С использованием результатов экспериментальных исследований в соответствии с уравнением нуклеации установлены закономерности структурообразования изучаемых композитов на начальной стадии их кристаллизации – стадии нуклеации. Показано наличие на данной стадии двух механизмов кристаллизации – плоскостного и объемного при некотором преобладании последнего.

С целью выявление особенностей структурообразования на второй стадии кристаллизации полимерных композитов (кристаллизация в объеме композита в целом) выполнен анализ полученных результатов экспериментальных исследований в рамках стандартного и модифицированного уравнений Колмогорова – Аврами.

$$\alpha(\tau) = f\left[1 - exp\left(-K_n'\,\tau^{n'}\right)\right] + (1-f)\cdot\left[1 - exp\left(-K_n''\,\tau^{n''}\right)\right], \qquad (2)$$

здесь f – относительная доля механизма кристаллизации, связанного с кристаллизацией собственно полимерной матрицы, надстрочные индексы “ ' ” и “ " ” относят величины к первому и второму из указанных механизмов.

Установлено, что на данной стадии кристаллизация происходит по двум механизмам, первый из которых связан с кристаллизацией собственно полимерной матрицы (на флуктуациях плотности полимера), второй – с кристаллизацией, центрами которой служат частички наполнителя. Показано, что второй из указанных механизмов с увеличением содержания наполнителя трансформируется от механизма напряженной матрицы следующим образом: для композитов, наполненных углеродными нанотрубками, к двумерному поверхностному механизму, а для композитов, наполненных частицами алюминия, - к одномерному механизму образования игольчатых структур.

ЛИТЕРАТУРА

1. Hernandez-Montelongo J. Porous silicon-cyclodextrin based polymer composites for drug delivery applications [Text] / J. Hernandez-Montelongo, N. Naveas, S. Degoutin, N. Tabary, F. Chai, V. Spampinato, G. Ceccone, F. Rossi, V. Torres-Costa, M. Manso-Silvan, B. Martel. – Carbohydrate Polymers. – 2014. – Vol. 110. – P. 238-252.

2. Diaz-Bleis D. Thermal characterization of magnetically aligned carbonyl iron/agar composites [Text] / D. Diaz-Bleis, C. Vales-Pinzón, Y. Freile-Pelegrín, J.J. Alvarado-Gil. – Carbohydrate Polymers. – 2014. – Vol. 99. – P. 84-90.

3. Samanvaya S. Polymer–Particle Composites: Phase Stability and Applications in Electrochemical Energy Storage [Text] / Samanvaya Srivastava, Jennifer L. Schaefer, Zichao Yang, Zhengyuan Tu and Lynden A. Archer. – Advansed Material. – 2014. – Vol. 26. – P. 201-234.

4. Kingshuk D. Utilization of Conducting Polymers in Fabricating Polymer Electrolyte Membranes for Application in Direct Methanol Fuel Cells [Text] / Kingshuk Dutta, Piyush Kumar, Suparna Das and Patit P. Kundu. – Polymer Reviews. – 2014. – Vol. 54. – P. 1-32.

5. Берштейн В.А. Дифференциальная сканирующая калориметрия в физикохимии полимеров / В.А. Берштейн, В.М. Егоров – Л.: Химия, 1990. – 256 с.

6. Вундерлих Б. Физика макромолекул. Т.2: Зарождение, рост и отжиг кристаллов / Б. Вундерлих – М.: Мир, 1979. – 574 с.

ПЕРСПЕКТИВИ ОТРИМАННЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ ТЕРМІЧНО СТАБІЛЬНОЇ ПОЛІГОНІЗАЦІЙНОЇ СУБСТРУКТУРИ В АУСТЕНІТНІЙ СТАЛІ

Дубовий О.М, Жданов О.О., Портная А.М., Доріна О.В.
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова (Україна)

Вступ. Надійність і довговічність деталей машин та інших виробів визначають ефективність роботи будь-якого виробництва. Втрата працездатності обладнання внаслідок відмов приводить до простоїв, значних витрат на ремонт та запасні частини. Сучасні методи підвищення показників міцності, зокрема твердості металів та сплавів, мають велике практичне значення у виробництві деталей машин і механізмів, приладів тощо, оскільки забезпечують покращення експлуатаційних показників вузлів та агрегатів.

Актуальність теми. В результаті аналізу сучасних уявлень про механізми полігонізації і рекристалізації в металах і сплавах виявлено, що підвищення фізико-механічних властивостей пластично деформованого металу можливо досягти шляхом формування здрібненої полігонізаційної субструктури, але така субструктура не є стабільною при підвищених температурах і при збільшені часу витримки в процесі термічної обробки.

Метою даної роботи є дослідження можливості термічної стабілізації здрібненої полігонізаційної субструктури в пластично деформованій сталі та напиленому покритті термодеформаційною обробкою.

Результати досліджень. Зразки корозійностійкої сталі 12Х18Н10Т (ГОСТ 5632-72) у відпаленому стані деформували на 60% з використанням пресу Р50. Напилені електродуговим методом покриття товщиною 1 мм (із дроту 12Х18Н10Т, ø 1,2 мм) деформували на 15%. Твердість вимірювали на приладі типу Віккерс. Передрекристалізаційну термічну обробку здійснювали в електричній печі СНОЛ-1.6.2.0.08/9-М1. Розмір областей когерентного розсіювання рентгенівських променів (ОКР) визначали на рентгенівському дифрактометрі ДРОН-3.

З метою дослідження можливості збільшення часу витримки під час передрекристалізаційної термічної обробки пластично деформованих сталей шляхом стабілізації здрібненої полігонізаційної субструктури деформовані зразки зі сталі 12Х18Н10Т (твердість складала HV_5=2,4 ГПа) піддавали передрекристалізаційній термічній обробці при 880 °С з витримкою до 5 хв. (рис.1 крива 1). Далі зразки повторно деформували на максимально можливу ступінь деформації, яка склала 52% (рис.1 крива 2), та піддавали повторній передрекристалізаційній термічній обробці. Враховуючи те, що зі збільшенням ступеня деформації зростає термодинамічний стимул рекристалізації [1, 3], а внесені при повторній деформації дефекти впливають на температуру початку рекристалізації, зменшуючи енергію активації дифузії, що призводить до росту субзерен і зменшення твердості, температуру повторної передрекристалізаційної термічної обробки зменшили до 600°С (рис. 1 крива 3).

Згідно рис. 1 максимальне значення твердості після повторної предрекристалізаційної термічної обробки при 600°С сталі 12Х18Н10Т складає 4,12 ГПа і спостерігається при витримці 2 хвилини, що на 17% більше ніж значення твердості після повторної пластичної деформації. Це пояснюється формуванням здрібненої субструктури, що підтверджується зменшенням розмірів ОКР зі 184 до 98 нм. Подальше збільшення часу витримки до 20 хвилин призводить до поступового зменшення показників твердості, які залишаються вищими ніж після повторної пластичної деформації.

Деформація електродугового покриття на 15 % і наступна передрекристалізаційна обробка при 600°С протягом 20 хв. викликає підвищення твердості на 38 % у порівнянні з недеформованим покриттям без термічної обробки.

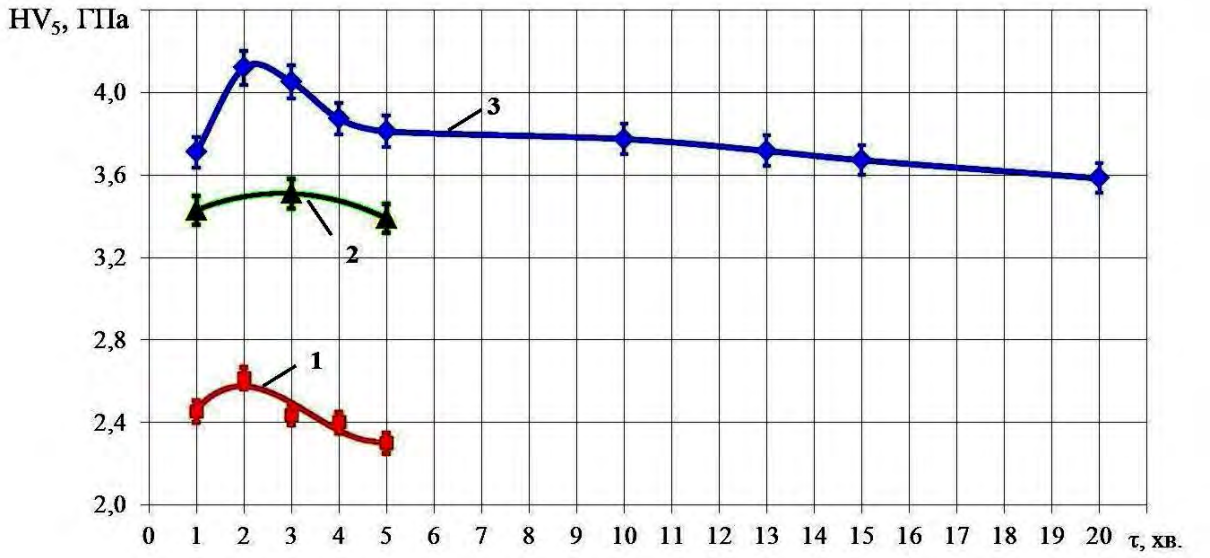


Рисунок 1. Значення твердості деформованої на 60% сталі 12Х18Н10Т після передрекристалізаційної термічної обробки: 1– деформація 60% з наступною передрекристалізаційною термічною обробкою при 880°С; 2 – повторна пластична деформація на 52 %; 3 – повторна передрекристалізаційна термічна обробка при 600°С

Підвищена термічна стабільність полігонізаційної субструктури, ймовірно, пояснюється тим, що при одноосьовому навантаженні відбувається накопичення дислокацій. У процесі подальшого нагрівання дислокаційна структура еволюціонує від хаотичного розподілу дислокацій до клубкової, потім до комірчастої і далі до смугової і фрагментованої субструктури [2]. В роботах [2, 3] показано, що при повторній деформації 50% дислокаційних взаємодій призводять до утворення бар'єрів Хірта, що лежать уздовж напрямків, перпендикулярних осі деформації; 25% дислокаційних взаємодій призводять до утворення дислокаційних сплетінь. Останні дислокаційні сплетіння є бар'єрами Ломер-Коттрелла. Тобто, близько 75% дислокаційних взаємодій при повторній деформації призводять до утворення нерухомих сплетінь, які блокують зростання субзерен при повторному нагріванні, що, в свою чергу, і викликає стабілізуючий ефект.

Отже, показано, що повторна пластична деформація викликає стабілізацію здрібненої полігонізаційної субструктури сталі 12Х18Н10Т після передрекристалізаційної термічної обробки при 600 °С за рахунок формування нерухомих дислокаційних з'єднань, які блокують зростання субзерен при повторному нагріванні. Це дозволяє збільшити час витримки при передрекристалізаційній термічній обробці сталі 12Х18Н10Т і напилених покриттів з неї до 20 хвилин, і як наслідок, надає можливість більш широкого промислового використання цього виду зміцнювальної термічної обробки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Аномальный рост зерен в нано- и микрокристаллических металлов, полученных методами РКУ-прессования Часть I-II. –Киев, «Материаловедение», 2003.– №4.– С. 9-18;

2. Старенченко Д. В. Влияние температуры испытания на эволюцию дислокационной структуры монокристаллов никеля с ориентацией оси сжатия [001] Изв. вузов. Физика. - 1999.-№ 7.-С.71-77.

3. Температура начала рекристаллизации в микрокристаллических металлах, полученных методами интенсивного пластического деформирования – Известия РАН. Металлы.– №3. –2003. – С. 27-37.

ВПЛИВ АТОМНОГО І МАГНІТНОГО ВПОРЯДКУВАННЯ НА ДИФУЗІЙНІ ПАРАМЕТРИ ВОДНЮ У ФЕРОМАГНІТНИХ СПЛАВАХ

Замора Я.П.
Тернопільський національний педагогічний університет ім. В.Гнатюка (Україна)

Для розробки і створення водневих технологій керування фізико-механічними властивостями конструкційних матеріалів необхідно встановити не тільки вплив водню на їх електронну структуру і фазово-структурний стан, але й оптимізувати умови наводнювання, враховуючи вплив формування атомного та магнітного порядку в процесі термічної обробки на дифузійні параметри водню – коефіцієнт дифузії та його розчинність в металі. Рівняння дифузії водню у металевих системах описуються рівняннями: $P = P_0 \cdot exp\left(Ep / RT\right)$, $D = D_0 \cdot exp\left(E_D / RT\right)$ та $S = S_0 \cdot exp\left(H_S / RT\right)$, P – воднева проникність, D – коефіцієнт дифузії, S – розчинність водню, P_0, D_0, S_0 – передекспоненційні множники, E_p і E_D – енергія активації відповідних процесів, H_S – теплота розчинення водню, R – стала Рідберга. При цьому, визначивши експериментально два з вказаних параметрів, можна розрахувати третій за формулою $P = S \cdot D$. У роботі приведені результати вимірювання P і D, а параметри розчинності визначали за співвідношеннями $S_0 = P_0 / D_0$, $H_S = E_p - E_D$.

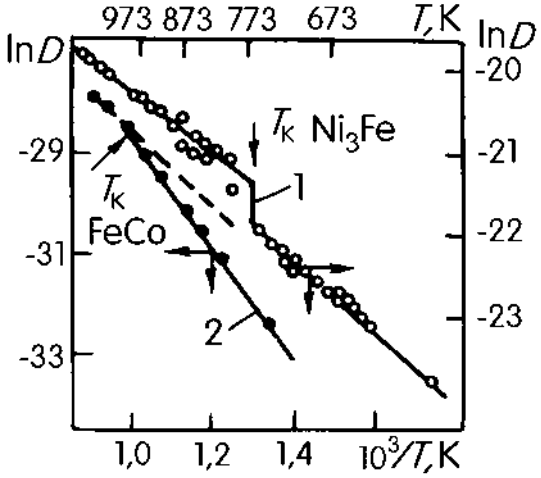


Рисунок 1. Вплив атомного впорядкування на коефіцієнт дифузії водню у сплавах Ni_3Fe (1) та FeCo (2)

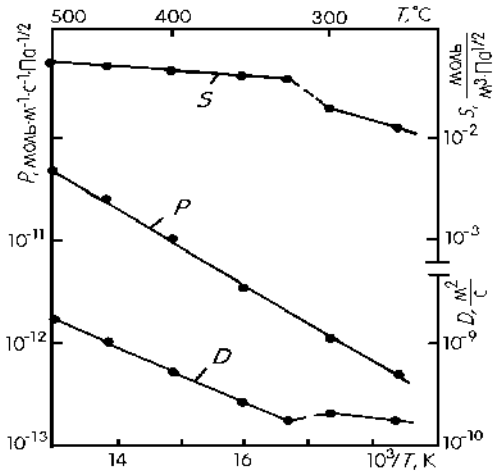


Рисунок 2. Політерми водневої проникності (P), коефіцієнту дифузії (D) і розчинності (S) водню у сплаві Н36

Теоретичні дослідження впливу атомного впорядкування у сплавах заміщення на дифузійну рухливість і розчинність втілених атомів показали, що у впорядкованому сплаві навіть геометрично однотипні міжвузля (окта– або тетрапори) можуть бути нееквівалентними для дифундуючих атомів водню внаслідок оточення їх атомами різного сорту. Це призводить до зміни енергії взаємодії втілених атомів з атомами на вузлах і відбивається на їх рухливості та розподілі у кристалічній гратці. При цьому зміна дифузійної рухливості описується рівнянням $D = D_{H.B.}\left(1 - M\eta^2\right)$, де $D_{H.B.}$ – коефіцієнт дифузії водню у невпорядкованому сплаві, η – ступінь дальнього атомного порядку, а M – коефіцієнт, який залежить від концентрації компонентів, температури і енергетичних констант взаємодії атомів. Розраховано, що цей коефіцієнт може приймати значення в межах $-5/3 < M < 17$.

Проведені дослідження систем "впорядкований сплав – водень" підтвердили правомірність приведеної залежності (рис.1). Так, при фазовому переході 2–го роду ступінь атомного порядку з пониженням температури нижче точки Курнакова $T_к$ неперервно зростає, що супроводжується появою зламу на політермі коефіцієнта дифузії

водню у сплаві FeCo (рис. 1). У випадку фазового переходу 1–го роду ступінь дальнього атомного порядку у сплаві Ni_3Fe при $T_к$ змінюється стрибком, що викликає таку ж зміну D. У випадку сплаву Н36, склад якого не відповідає стехіометричному для впорядкаованої структури FeNi, на температурній залежності водневої проникності не спостерігається ніяких аномалій (рис.2). Тому розчинність і коефіцієнт дифузії водню при температурах нижче 673 К вимірювали на зразках, попередньо приведених у стан структурної рівноваги відпалом у водні при 573 К на протязі 30 год. При цьому на політермах розчинності і коефіцієнта дифузії водню спостерігаються стрибкоподібні зміни, які вказують на протікання фазового перетворення 1–го роду, зумовленого атомним впорядкуванням. При цьому перехід з впорядкованого у невпорядкований стан супроводжується зростанням і передекспоненційного множника в рівнянні коефіцієнта дифузії, і енергії активації дифузії водню E_D (табл. 1). Крім того, впорядкування зменшує розчинність водню S у сплаві Н36 в 4…6 разів. Розмитість стрибка коефіцієнта дифузії в точці фазового переходу (пунктир на рис. 2), яка за своїм температурним положенням відповідає $T_К$ для надструктури FeNi, вказує, що вище 573 К у сплаві Н36 зберігається ближній атомний порядок, який руйнується при 610 К.

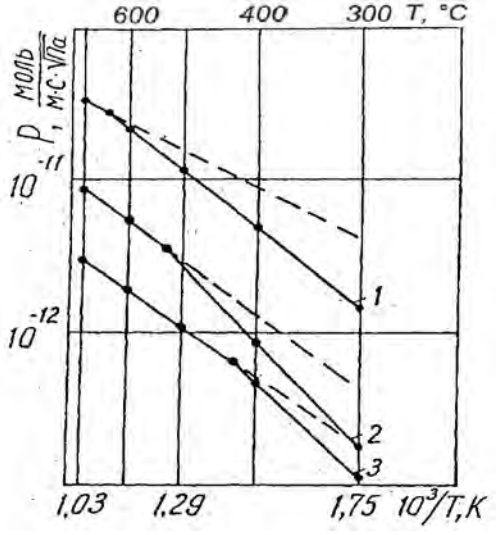


Рисунок – 3. Вплив магнітного впорядкування на водневу проникність сплавів Н50 (1), 75НМ (2) і 79НМ (3).

Таким чином з проведених досліджень слідує, що коефіцієнт дифузії і розчинність водню є структурно-чутливими характеристиками металу, аналізуючи які можна визначити критичні температури і механізм фазового перетворення порядок – беспорядок у размещенні атомів по вузлах кристалічної гратки.

У випадку вимірювання водневої проникності феромагнітних сплавів на основі Fe, Ni і Mo (Н50, 75НМ і 79НМ) при температурі точки Кюрі з'являється злам (рис.3), який дозволяє визначити зміну енергії активації процесу проникання $\Delta E = E_{фер.} - E_{пар.}$ за втрати сплавом магнітних властивостей. Математична обробка літературних і отриманих нами даних показала, що параметр ΔE є важливою характеристикою феромагнітного металу і може бути використаний при вивченні його вихідної електронної структури, оскільки величина відношення ефективної обмінної енергії ($A_{еф.} = k \cdot T_c$, де k – стала Больцмана, T_c – температура Кюрі) до різниці ΔE відповідного процесу (проникність, дифузія, розчинність) для всіх феромагнетиків с ГЦК–структурою однакова.

Таблиця 1. Дифузійні параметри водню в сплаві Н36

Температура, К	P_0, $\frac{\text{моль}}{\text{м}\cdot\text{с}\cdot\text{Па}^{1/2}}$	E_P, $\frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$	D_0, $\frac{\text{м}^2}{\text{с}}$	E_D, $\frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$	S_0, $\frac{\text{моль}}{\text{м}^3\cdot\text{Па}^{1/2}}$	H_S, $\frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$
1173...673	$5{,}48\cdot10^{-7}$	62,5	$4{,}8\cdot10^{-6}$	55,9	32,2	6,0
673...503	$5{,}48\cdot10^{-7}$	62,5	$6{,}7\cdot10^{-8}$	30,3	1,1	8,0

Висновки. Отже, визначивши високотемпературні дифузійні параметри водню і розрахувавши ΔE і $A_{еф.}$ за температурою точки Кюрі, можна визначити водневу проникність за низьких температур не проводячи безпосередніх вимірювань.

ТЕХНОЛОГІЯ СТВОРЕННЯ ГАЛЬВАНОПОРОШКОВИХ ПОКРИТТІВ

Зарудний В.В., Дерев'янко О.В., Лобода С.В., Лучка М.В., Частоколенко І.П.
Інститут проблем матеріалознавства НАН України ім. І.М. Францевича

Інститут проблем матеріалознавства є провідним центром науково-технічних розробок в галузі теоретичних основ створення нових матеріалів, технологій їх одержання та виготовлення виробів з них із спеціальними властивостями для задоволення потреб авіабудування, транспортного машинобудування, прямого перетворення енергії в електричну приладобудування, та інших областей техніки. Всі досягнення в розробці нових матеріалів з їх подальшим комерційним впровадженням здобуті в результаті досліджень в сфері матеріалознавства, фізики твердого тіла електрохімії та механіки композиційних середовищ. Спільними зусиллями науковці розширюють сферу діяльності інституту в рамках співпраці з організаціями з Великобританії, Германії, Італії, Польщі, Словаччини, Литви, Білорусії. Інститут є власником патентів на новітні технології з виробництва ріжучих інструментів, зносо- та корозійностійких покриттів для технологічного обладнання, алмазів, керамічних та твердосплавних порошків, високого ступеню захисту та відновлення виробів з металів та легких сплавів. Будуть створені зносостійкі гетерогенні покриття з контрольованим градієнтом вмісту, складу і структури на принципах визначення залежності їх фізико-механічних, триботехнічних і експлуатаційних властивостей від геометричних і фізико-хімічних чинників будови композиційного матеріалу покриття. Розроблено і оптимізовано технологію електролітичного нанесення градієнтних покриттів на робочі поверхні деталей, призначених для критичних умов тертя без мастила, за наявності абразиву, агресивних середовищ, впливу корозії, температури. Вивчено умови електрохімічного синтезу композиційних електролітичних покриттів (КЭП) і створення розмірних ефектів будови до і після хіміко-термічної обробки (ХТО) КЭП. Встановлено зв'язки між типом наповнення, геометрією розташування і природою взаємодії компонентів початкових КЭП і після них ХТО і при застосуванні концентрованих джерел енергії. Вивчено роль наповнення, особливостей взаємодії між компонентами покриття і залежності міцності зчеплення для взаємодії гальванічного металу матриці з порошковим наповнювачем, від їх природи і умов утворення адгезійних перехідних шарів, здатних поліпшити трибомеханічні властивості матеріалу покриття композиційного в цілому. Проведено оптимізацію комбінованого методу отримання градієнтних покриттів матеріалів, що працюють в критичних умовах тертя.

Розроблено ряд технологічних процесів, необхідне спеціалізоване устаткування, які успішно пройшли апробацію і впроваджені у виробництво нового гальванопорошкового методу отримання ХТО КЭП градієнтного типу триботехнічного призначення:

1) градієнтні матричні наповнені, шаруваті наномісткі металокерамічні покриття триботехнічного призначення для критичних умів тертя;

2) спечений алмазомісткий та твердосплавний плакований нікелем, кобальтом ріжучий і шліфувальний елементи інструменту, зокрема для каменеобробки;

3) пористі проникні матеріали фільтроелеменів, носіїв каталізаторів, зокрема з плакованими порошками та проволоками;

4) шаржування плющенням алмазних та твердосплавних плакованих зерен з металонанокомпозиційним покриттям.

ВПЛИВ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ДИСПЕРГУВАННЯ НА СТРУКТРУ ФЕРОМАГНЕТНИХ СПЛАВІВ СИСТЕМИ $(Nd, Pr)_2Fe_{14}B$

[1]Засадний Т.М., [2]Басараба Ю.Б.
[1]*Фізико-механічний інститут ім. Г.В.Карпенка НАН України (Україна)*
[2]*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу (Україна)*

Актуальність отримання високодисперсних порошків феромагнетних сплавів обумовлена широким їх застосуванням не тільки у виробництві спечених високоенергетичних рідкісноземельних постійних магнетів і магнетопластів, але й для отримання магнетних пін, які використовують для очистки поверхні води від забруднення нафтопродуктами. Традиційно під час виробництва магнетів застосовують відомий спосіб отримання порошків феромагнетних сплавів на основі рідкісноземельних металів використовують гідридне диспергування з подальшим помелом у вібраційних та планетарних кульових млинах і струминних млинах у потоці аргону. Досить ефективним є ультразвуковий метод отримання матеріалів високої дисперсності за підвищеного статичного тиску у робочій камері. Оскільки досліджувані матеріали добре поглинають водень, то саме він виконує роль «механічного млина», що підвищує продуктивність диспергування і зменшує час та енергозатрати.

Досліджували порошки, отримані з феромагнетного сплаву на основі системи $(Nd, Pr)_2Fe_{14}B$, який піддавали водневому та ультразвуковому диспергуванню. Хімічний склад сплаву системи $R_2Fe_{14}B$ (mass.%): Nd-27,01; Pr-1,2; Fe-53,19; Al-0,26; Nb-0,15; B-13,99; C-4,2. Для порівняння наведено результати гранулометричного аналізу (табл. 1) порошку, отриманого шляхом ультразвукового диспергування та помелом у планетарному млині в ацетоні. Аналіз дисперсності порошків показав рівномірний розподіл частинок за розмірами та формою, що робить порошок добрим для пресування та спікання і тим самим сприяє покращенню магнітних характеристик. Близько 90% частинок порошку мають середній розмір <10 μm.

Таблиця 1. Статистичні характеристики розподілу частинок порошку після ультразвукового диспергування та помелу у планетарному млині

Статистика	Ультразвукове диспергування	Помел у планетарному млині	
Швидкість обертання, rpm	–	400	500
Кількість проаналізованих полів	16	15	4
Проаналізована площа, μm^{-2}	$1{,}572 \times 10^6$	$1{,}473 \times 10^6$	$3{,}929 \times 10^5$
Число частинок	2807	674	1110
Мінімальне значення, μm	0,721	0,721	0,721
Максимальне значення, μm	34,653	32,989	34,171
Середнє значення, μm	5,577	11,374	6,282
Медіанне значення, μm	4,921	11,161	4,835
СКВ розподілу, μm	3,930	4,733	5,253

Поєднання водневого диспергування та диспергування в ультразвуковому полі робить процес отримання порошків феромагнетних сплавів системи $(Nd, Pr)_2Fe_{14}B$ одностадійним, значно скорочує час їх отримання (до 20 хв) та енергозатрати порівняно з традиційним способом. При цьому одержують порошок феромагнетного сплаву з потрібним гранулометричним складом.

ВПЛИВ ГІДРИДОУТВОРЕННЯ НА РОЗЧИННІСТЬ ВОДНЮ У МАЛОАКТИВОВАНИХ СТАЛЯХ ТЕРМОЯДЕРНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

Іваницький Р.І.
Тернопільський національний педагогічний університет ім. В.Гнатюка (Україна)

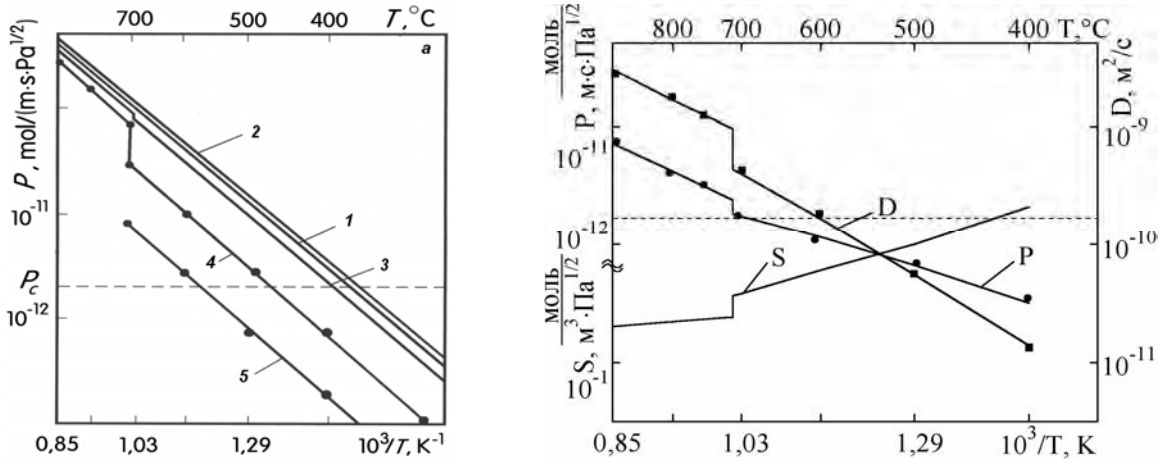
У сучасному матеріалознавстві розробка малоактивованих конструкційних матеріалів термоядерної енергетики сконцентрована на дослідженнях радіаційної стійкості сталей і сплавів. При цьому основний підхід полягає у заміні несприятливих з огляду активації легуючих елементів на метали, які мають швидший спад наведеної радіоактивності. Основні компоненти сталей (залізо, хром та марганець) мають сприйнятливі активаційні характеристики, але вміст окремих легуючих компонентів повинен бути обмеженим. Тому при розробці сталі Х12Г20В, яка володіє швидким спадом наведеної радіоактивності, у сталі – прототипі ЕП–838 Ni замінено на Mn (табл. 1).

Виходячи з вимог, що ставлять до матеріалу першої стінки термоядерного реактора (ТЯР) на дейтерій–тритієвій (*D–T*) плазмі, сталь Х12Г20В для підвищення механічних та технологічних властивостей додатково легують металами IV групи, вуглецем та РЗМ (табл. 1). Однак, щоб її рекомендувати для експлуатації у *D–T* плазмі, необхідно знати, як при цьому зміняться у ній дифузійні параметри водню, зокрема його ізотопу тритію.

Таблиця 1. Хімічний склад досліджуваних сталей (мас.%)

Сталь	Fe	Cr	Ni	Mn	W	Mo	Ti	Si	Al	C	Sc
ЕП-838	Осн.	11,8	4,9	13,2	-	0,38	-	0,28	1,5	0,08	-
Х12Г20В	Осн.	12,9	-	19,3	2,03	-	0,1	0,13	-	0.28	0,1

У проведених дослідженнях виходили з умови, за якої рівень радіаційної безпеки при роботі ТЯР не повинен перевищувати 1 Кюрі в день та враховували емпірично встановлене для реакторних сталей співвідношення $P_T / P_H = (m_H / m_T)^{1/2}$, де P та m – проникність і маса відповідного ізотопу. На їх основі розраховували втрати тритію, визначивши швидкість проникання звичайного водню. Безпечна проникність тритію показана на рис.1 штриховою лінією. Як бачимо, широко застосовувані реакторні сталі (рис.1, а) потребують додаткового легування або модифікування поверхні для зменшення величини Р в інтервалі робочих температур реактора 500…700 °С.



а) б)

Рисунок 1. Воднева проникність *P* реакторних сталей: (а) 1 - 12Х18Н10Т, 2 - 316 SS (виробництво США), 3,4 - ЕП-838 до та після водневої обробки, 5 - ЕП-838, легована церієм та *P*, коефіцієнт дифузії *D* і розчинність *S* у сталі Х12Г20В (б).

Встановлено (рис.1, б), що в цьому інтервалі сталь Х12Г20В має водневу проникність, нижчу рівня екологічної безпеки, а вплив легування проявляється у зміні абсолютних значень коефіцієнта дифузії, впливаючи на теплоту розчинення водню (кут

нахилу політерми S). Фазовий перехід біля 700º С (стрибкоподібна зміна дифузійних параметрів водню) відповідає α→β-перетворенню у збагачених марганцем мікрообластях, які починають виділятися у зразках досліджуваної сталі з поверхні і по межах зерен після 2 год. відпалу у водні за цієї ж температури (рис.2, а). Їх утворення призводить до збіднення γ-твердого розчину сталі марганцем, внаслідок чого одночасно формуються мікрообласті чистого α-заліза. Згідно рентгеноструктурного, металографічного та мікрорентгеноспектрального (рис.2, б) аналізів цей процес завершується після 40 год. відпалу у водні.

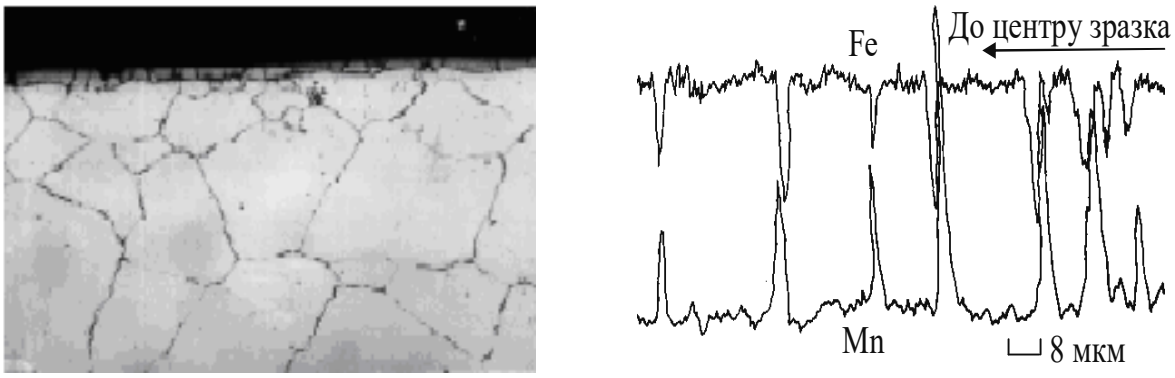


Рисунок 2. Мікроструктура (а) та розподіл заліза і марганцю у сталі Х12Г20В після відпалу у водні (T = 973 К, 40 год.)

Отримане зменшення розчинності водню S зі зростанням температури свідчить, що його абсорбція відбувається з виділенням тепла (екзотермічний процес) (рис. 1б). Крімо того спостерігається зміна знаку теплоти його розчинення H_s при переході від сталі ЕП-838 до сталі Х12Г20В (табл. 2). Ці дані однозначно вказують на формування у сталі ХЇ12Г20В гідридних фаз, найімовірніше на основі сполук Mn і Ti та Sc. Однак, гідридного окрихчення сталі Х12Г20В за таких умов водневої обробки не спостерігали – границя міцності зростає від 1104 МПа до 1321 МПа, а пластичність зменшується від 14,3 % до 12 %. Зростання $\sigma_в$ є підтвердженням утворення нових фаз у сталі Х12Г20В, на межах яких додатково блокується рух дислокацій.

Таблиця 2. Параметри розчинності водню $S = S_0 \cdot exp\left(H_S / RT\right)$ у досліджених сталях

Сталь	Температурний інтервал, ºС	S_0, $\frac{\text{моль}}{\text{м}^3 \cdot \text{Па}^{1/2}}$	H_S, $\frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$
ЕП-838	900…710	$1{,}8 \cdot 10^{-1}$	37,4
	710…500	$2{,}4 \cdot 10^{-2}$	21,5
Х12Г20В	900…710	8,4	–9,0
	710…500	1,1	–29,6

S_0 – передекспоненційний множник, H_S – теплота розчинення водню

Отже, з точки зору забезпечення стабільності магнітного поля, що утримує дейтерій–тритієву плазму та загрози гідридного окрихчення малоактивованої сталі Х12Г20В, як матеріалу першої стінки ТЯР, основну увагу при запуску реактора слід приділяти першим 40 год експлуатації впродовж яких відбувається формування збагачених марганцем фаз та виділення мікрообластей чистого заліза.

ПЕРСПЕКТИВНІСТЬ СТВОРЕННЯ ЗАЕВТЕКТИЧНИХ СПЛАВІВ ТРИБОТЕХНІЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ НА ОСНОВІ ЗАЛІЗА З ТУГОПЛАВКИМИ БОРИДАМИ

[1]Кіндрачук М.В., [2]Панарін В.Є., [1]Мнацаканов Р.Г., [1]Гуменюк І.А.
[1]*Національний авіаційний університет (Україна)*
[2]*Інститут металофізики ім. Г. В. Курдюмова НАН України (Україна)*

Вступ. При створенні нових триботехнічних сплавів необхідно враховувати не лише їх хімічний та фазовий склад, кількість та властивості складових, але й структурний фактор, тобто форму та розміри кристалів фаз, їх розташування в просторі, регулярність чатування, здатність до дисипації локальної енергії тощо. Одним з найбільш перспективних класів триботехнічних матеріалів є евтектичні сплави на основі перехідних металів з фазами втілення. У ряді робіт [1, 2] було показано, що завдяки особливостям структури цих сплавів, яка формується в процесі кристалізації з рідкого стану, евтектична колонія являє собою природний композит, що складається із зміцнюючого каркасу з фаз втілення та м'якої металевої матриці – твердого розчину на основі заліза. В умовах локальних деформацій, які виникають в процесі тертя, напруження в основному сприймаються сильно розвиненим монокристальним каркасом фаз втілення, а металева матриця передає та перерозподіляє напруження між окремими гілками зміцнюючого каркасу. Таким чином, евтектична колонія ефективно розсіює локальну енергію, що виникає в процесі тертя і надає сплаву високої зносостійкості.

Стан проблеми. У роботах [2, 3] було узагальнено відомі та власні експериментальні дослідження фазових рівноваг квазіподвійних систем на основі перехідних металів з фазами втілення. Було встановлено таку закономірність: при переході від нітридних фаз втілення до карбідів та боридів склад евтектичних сплавів зміщується в бік тугоплавкого компоненту тобто фази втілення. Якщо для нітридвміщуючих систем максимальна кількість зміцнюючої фази складає ~3…5% то для боридних систем вона може сягати ~7…12 %. Такий склад евтектик, в основному, визначає їх властивості. З точки зору трибології слід очікувати ще кращих показників трибохарактеристик евтектичних сплавів при подальшому збільшенні вмісту в них боридів, але при цьому структура сплаву змінюється – починають виділятися первинні кристали боридів, що призводить до порушення регулярності чергування кристалів, їх огрублення (збільшення розмірів) і, як наслідок, зниження зносостійкості. Тому на сьогоднішній день дослідники обмежуються розробкою сплавів в евтектичній області, задовольняючись основними природними властивостями, які їм притаманні.

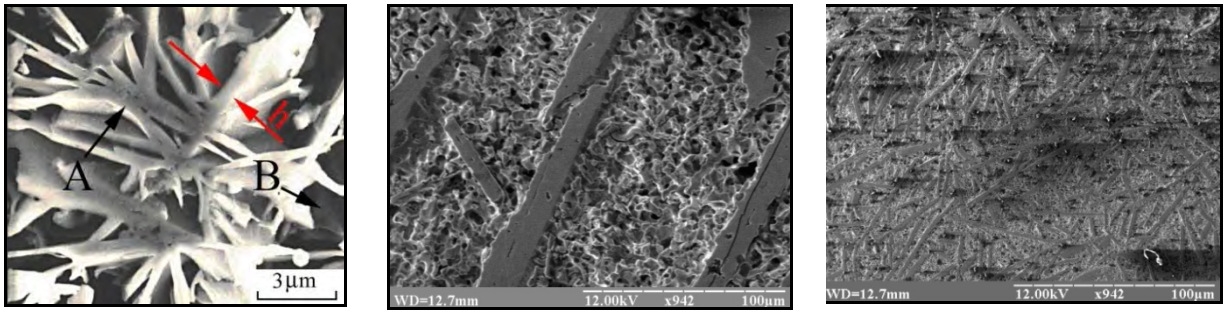
За уявленнями авторів роботи більш перспективними напрямкам розробки сплавів евтектичних систем є перехід у заевтектичну область із одночасним зменшенням розмірів первинних кристалів шляхом досягнення великих швидкостей охолодження, або модифікації структури введенням дисперсних тугоплавких кристалів, що стають зародками формування фаз при кристалізації.

Мета та завдання дослідження. Метою роботи є визначення основних напрямків досліджень при створенні нових заевтектичних сплавів систем, вміщуючих евтектику на основі перехідних металів з фазами втілення, які б мали вищі триботехнічні властивості, ніж чисто евтектичні сплави тих же систем. Основним критерієм оцінки перспективності пропонованих напрямків створення нових заевтектичних сплавів є дослідження їх структури в литому стані та кількісні порівняння із структурами чисто евтектичних сплавів.

Результати досліджень та їх обговорення. У якості об'єктів дослідження було обрано литі сплави квазіподвійної системи Fe-CrB_2 евтектичного типу, яка є відповідним політермічним перетином потрійної системи Fe-Cr-B. Сплави із вмістом CrB_2 (ваг.%): 2,5 (доевтектичний), 7,5 евтектичний та 11 (заевтектичний) виготовлено у вакуумній дуговій

печі на мідному водоохолоджуваному поді невитратним вольфрамовим електродом в атмосфері аргону. Швидкість охолодження сплавів знаходилася на рівні 10^2 С/с.

Із зливків вагою 40 г вирізалися електроди розміром 2х2х30 мм для нанесення покриттів електроіскровим методом. Оскільки метод електроіскрового легування дозволяє реалізувати в покритті швидкості охолодження порядку 10^4 С/с, це дозволило зменшити дифузійну рухомість атомів перед фронтом кристалізації у порівнянні з литим станом, і тим самим подрібнити структуру. Структурні дослідження виконано на растровому електронному мікроскопі в режимі вторинних елктронів. Кількісну обробку зображень структури виконано із застосуванням програми Image-Pro. На рис. 1 показано структуру евтектичних кристалів CrB_2, в системі сплавів Fe-CrB_2, які являють собою пласкі кристали А з середньою товщиною (*h*) в одиниці мікрон. Оскільки залізну матрицю сплаву витравлено, то на РЕМ зображенні місце, де вона була розташована, виглядає як порожнеча (В).



а *б* *в*

Рисунок 1. Структура евтектичних кристалів CrB_2 в системі Fe-CrB_2 (*а*), первинних кристалів в литому сплаві із вмістом CrB_2 11ваг.% (*б*), та первинних кристалів в електроіскровому покритті із того самого заевтектичного сплаву (*в*). РЕМ

У заевтектичному сплаві з 11 ваг.% CrB_2 в литому стані первинні кристали CrB_2 мають великі розміри: товщина – десятки, а довжина – сотні мікрон (за результатами комп'ютерної обробки зображень в програмі Emage-Pro). При збільшенні швидкості охолодження на два порядки, у електроіскровому покритті, первинні кристали того ж самого сплаву зменшуються – товщина становить одиниці, а довжина десятки мікрон.

Висновки. Досліджено структурні зміни в заевтектичному сплаві квазіподвійної системи Fe-CrB_2 в електроіскровому покритті у порівнянні з литим сплавом того ж складу. Показано, що збільшення швидкості охолодження, яке досягається в електроіскровому покритті з 10^2 ^{0}С/с до 10^4 ^{0}С/с, призводить до диспергації як евтектичних, так і первинних кристалів фази втілення CrB_2.

Прогнозується підвищення триботехнічних характеристик (зокрема зносостійкості) дослідженого заевтектичного сплаву при збільшенні швидкості охолодження у порівнянні з литим станом, завдяки збільшенню кількості зміцнюючої фази та зменшенню розмірів кристалів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Шурин А. К.Фазовые равновесия и структура сплавов Fe-TiB_2, Fe-ZrB_2 и Fe-HfB_2 / А. К. Шурин, В. Е. Панарин // Известия Академии наук СССР. Металлы. – 1974. №5. – С. 235 – 239.

2. Шурин А. К. Износостойкость нержавеющих эвтектических сплавов с фазами внедрения / А. К. Шурин, В. Е. Панарин, М. В. Киндрачук // Проблемы трения и изнашивния. – 1981. – №19. – С.65 – 73.

3. Шурин А. К. Некоторые общие закономерности тройных диаграмм состояния металлов с бором / А. К. Шурин, В. Е. Панарин // Металлофизика. – 1976. – №66. – С. 85 – 91.

ФОРМУВАННЯ ДИСПЕРСНОЇ СТРУКТУРИ НА ЕТАПІ ПРИПРАЦЮВАННЯ ТРИБОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ «БРОНЗА – АМГ-10 – СТАЛЬ»

Кіндрачук М.В., Хлевна Ю.Л., Харченко В.В., Костюк Є.П.
Національний авіаційний університет (Україна)

Вступ та постановка завдання досліджень. З позицій структурно-енергетичної теорії доведено, що еволюція процесів механохімічної адаптації пари тертя обумовлює утворення на поверхнях трибологічних структур, при цьому досліджуються вторинні структури, а їх формування здійснюється при комплексному впливі умов тертя. Формування тонкої дисперсної структури у поверхневих шарах трибопари сприяє зміні властивостей матеріалу [1, 2]. Процес припрацювання фактично прямопропорційно пов'язаний з утворенням захисних нанорозмірних плівок, які полегшують опір зрушенню та функціонують в подальшій експлуатації, для забезпечення високого рівня зносостійкості та довговічності трибологічних систем. Оскільки на початковому етапі роботи трибологічна структура ще не сформована, мастильна плівка при граничному терті володіє обмеженою здатністю демпфувати вібрацію й ударні навантаження, проведення досліджень формування трибологічних структур на етапі припрацювання є актуальним завданням, для забезпечення високого рівня зносостійкості та довговічності трибологічної системи (ТС).

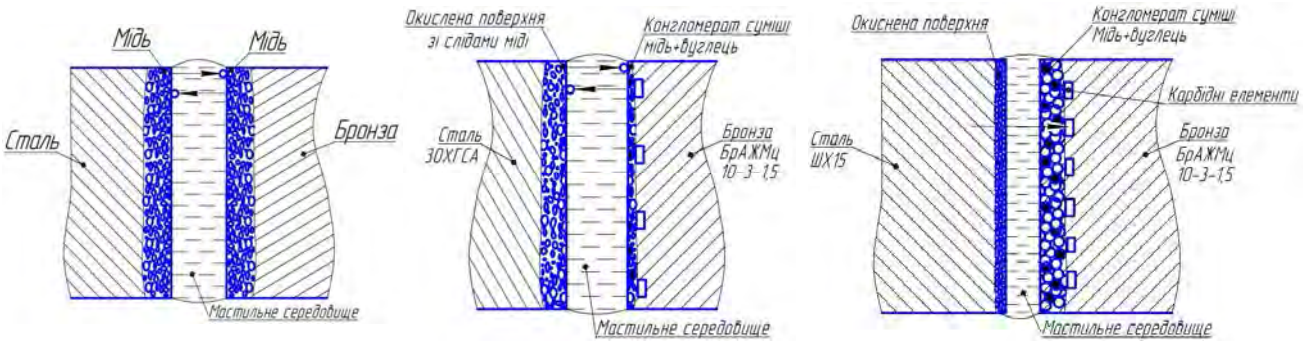
Методика досліджень та обговорення результатів. Еволюційний етап припрацювання ТС Бр.АЖМц10-3-1,5 – АМГ-10 – сталь (30ХГСА, ШХ15), яка працює в агрегатах рухомих з'єднань силових циліндрів гідросистем, досліджували в лабораторних умовах за умов однобічно направленого ковзання за кінематичною схемою «площина – площина». Властивості поверхонь досліджували методами оптичної мікроскопії, растрової електронної мікроскопії, рентгенівського енергодисперсійного мікроаналізу та електронної Оже-спектроскопії.

З метою зменшення часу припрацювання, розширення діапазону граничного значення навантаження обрано його ступінчасте збільшення на етапі припрацювання. Через час Т, який відслідковувався у відповідності з коефіцієнтом варіації сили тертя, навантаження підвищувалось на одну ступінь гранично-допустимого значення [3]. Порівняльний аналіз експериментальних досліджень, початкових умов роботи системи «бронза – АМГ–10 – сталь», дозволив встановити, що ефективність процесу припрацювання за ступінчастого підвищення питомого навантаження має кращий ефект, ніж за постійного навантаження (час припрацювання скорочується в середньому на 27,5 %, знос на 40 %, порівняно з режимами при постійній швидкості ковзання та навантаженні).

Поверхні тертя, отримані за різних умов експеримента та дослідженні методами мікрозондової Оже-спектроскопії, рентгенівського енергодисперсійного мікроаналізу, растрової електронної та оптичної мікроскопії, мали принципово інші властивості, ніж це було передбачено теорією перенесення атомів міді [4], притаманної для трибологічної системи «бронза – АМГ-10 – сталь» схему якої зображено на рисунку (*а*). Локалізація «сервовитної плівки» проявляється перш за все на бронзі, а «адгезійне» перенесення на сталь суттєво залежить від властивостей поверхні останньої.

На поверхнях тертя ТС БрАжМц10-3-1,5–АМГ-10–30ХГСА, на бронзі виявлено тонкий шар атомів міді та вуглецю, а на сталі – мідь, яка під впливом мікросхоплень наноситься на контртіло (рис. *б*). У ТС Бр.АжМц10-3-1,5 – АМГ-10 –ШХ15 виявлено: навуглецювання у значних концентраціях бронзи на глибині від більш, ніж 1,5 до 0,8 мкм та одночасне окиснення сталі, відповідно на глибині від 250 до близько 1500 нм. Мідь на поверхні сталі зареєстровано в концентраціях мікродомішки. Концентрація вуглецю залишається значною в межах поверхневого шару мікронної товщини та в декілька разів

вищою за концентрацію кисню, що вказує про утворення в контактній зоні тертя на поверхні бронзи субмікронної поверхневої плівки на основі вуглецю, яка ізоморфно розчинює атоми міді та створює композиційну структуру тонкого конгломерату фаз, тобто виконання схеми представленої на рисунку (*в*). Ретельний спектральний аналіз складу мікродомішок та аналіз мікроструктури поверхонь тертя сталі та бронзи, виявили ефект перенесення фрагментів карбідної структури з поверхні сталі ШХ15 на поверхню бронзи та його ключову роль у механізмах утворення поверхневого шару бронзи, відомого в умовах ефекту «вибірного перенесення» як «сервовитна плівка».



а *б* *в*

Рисунок. Схема формування трибоструктури етапу припрацювання системи «бронза – АМГ-10 – сталь»: *а* – схема формування трибоструктури за Д.М. Гаркуновим; *б* – схема формування трибоструктури на поверхні ТС Бр.АжМц10-3-1,5 – АМГ-10 –30ХГСА; *в* – схема формування трибоструктури ТС Бр.АжМц10-3-1,5 – АМГ-10 –ШХ15

Тож «сервовитна плівка» в поверхневому шарі бронзи досягається стехіометрією між карбідотвірними елементами та вуглецем, характерною для карбідних фаз сталі.

Висновки. Виявлено, що механохімічне утворення в зоні тертя мікроструктурної ізоморфної фази «вуглець-мідь» сприяє ущільненню поверхневих шарів бронзи. У випадку дослідженої пари бронза-сталь «сервовитна плівка» – це товстий (близько 2 мкм), елементно-ущільнений порівняно з об’ємом бронзи та сталі, квазікрихкий механохімічно утворений приповерхневий шар у поверхневих шарах бронзи, прикритий з боку поверхні пластичними субмікрозернами та тонким граничним елементно-ущільненим поверхневим шаром на основі вуглецю. Утворення «сервовитної плівки» в поверхневих шарах бронзи з феноменологічного погляду є механічно активованим екзотермічним процесом, який супроводжується відпуском поверхневих шарів сталі. Інтенсивне охолодження пари бронза-сталь у початковий період її припрацювання обумовлює стабільний перебіг ефектів кооперативного утворення зносостійкої структури в контактній зоні тертя цієї пари. Атомарні механізми формування трибологічних структур на етапі припрацювання залишаються відкритими для подальших досліджень, але суттєво доповнюються отриманими результатами стосовно принципової ролі перенесення карбідних фрагментів із сталі на бронзу з наступним навуглецюванням останньої та окиснення сталі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Комбалов В.С. Влияние шероховатости твердых тел на трение и износ / В.С. Комбалов. – М. : «Наука», 1974. – 112 с.

2. Кульгавый Э. А. Триботехнические характеристики и их применение / Э. А. Кульгавый //Проблеми трибології. – 2003, № 3, С. 51 – 61.

3. Кіндрачук М. В. Вплив зовнішніх факторів на закономірності припрацювання антифрикційних систем / М. В. Кіндрачук, Ю. Л. Хлевна, Е. А. Кульгавий, О. І. Духота // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2013. – № 5. – С. 54–63.

4. Гаркунов Д.Н. Триботехника (износ и безызносность)/ Д.Н. Гаркунов. – М. : Изд-во МСХА, 2001. – 616 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ ПОРШНЕЙ В ДВИГАТЕЛЯХ 10Д100

Кравченко С.А., Пылёв В.А., Нестеренко И.А.
Национальний технический университет «ХПИ» (Украина)

Введение. ГП «Завод им. В.А. Малышева» на протяжении многих лет выпускает двигатели типа 10Д100, которые успешно эксплуатируются во многих отраслях народного хозяйства. Особенно широкое распространение они получили как силовые установки магистральных тепловозов, которые находятся в эксплуатации во многих странах.

В последнее время эти двигатели не подвергались модернизации, что сказалось на их производстве. Потребность в двигателях, как силовых установок магистральных тепловозов, резко сократилась. В имеющихся объектах они заменяются на дизель-генераторы российского производства типа Д49 и американского фирмы «Дженерал Электрик».

В настоящее время перед ГП «Завод им. В.А. Малышева» и НТУ «ХПИ» стоит задача путём масштабной модернизации существенно улучшить их технико-экономические характеристики и в кратчайший срок поставить на рынок новый двигатель.

Двигатели 10Д100 относятся к двигателям вертикального расположения со встречно движущимися поршнями и прямоточной щелевой продувкой. Поршни двигателя выполнены из высокопрочного чугуна, тронкового типа с масляным охлаждением. Большие движущиеся массы шатунно-поршневой группы не позволяют форсировать двигатель вследствие ограничений по прочностным характеристикам. В тоже время интенсификация рабочего процесса ведёт к увеличению температур в камере сгорания и на днище поршня, что является одним из факторов снижения его надёжности.

В [1] представлены результаты исследований по влиянию керамических покрытий на температурное состояние днища поршня, выполненных совместно ГП «Завод им. В.А. Малышева» и ХИИТ. Было установлено, что температура теплонапряжённого участка головки поршня дизеля Д100 может быть снижена на 85 К. При этом керамическое покрытие выравнивает температурное поле головки поршня и способствует уменьшению термических напряжений. Несмотря на эффективность данных работ, последующего развития и внедрения в производство они не получили.

Подобные исследования, направленные на повышение надёжности цилиндро-порневой группы и улучшене топливной экономичности дизелей проводились и другими исследователями. Во многих случаях показана их эффективность, но в виду низкой надёжности собственно теплоизоляционных покрытий, частого их отслоения, трещин и других дефектов широкого распространения они не получили [2, 3, 4].

Цель работы. Исходя из выше сказанного, в НТУ «ХПИ» предложено использовать на двигателе 10Д100М1 поршни из алюминиевого сплава с применением технологии гальвано-плазменного преобразования поверхности тронка и камеры сгорания с образованием на указанных поверхностях корундового слоя.

Основная часть. Разработанная в НТУ «ХПИ» технология гальвано-плазменного преобразования поверхности алюминиевых деталей основана на технологии микро-дугового оксидирования (МДО) и отличается от неё электрофизическими параметрами процесса, конфигурацией импульсов напряжения, имеет более высокую скорость формирования корундового керамического слоя за счет высокой плотности тока, позволяет обрабатывать относительно большие поверхности детали, удаляет с поверхностного слоя детали неметаллические примеси, легкоплавкие составляющие, которые имеют малую адгезию к основному металлу.

На установке «Корунд-7» изготовленной на опытной базе НТУ «ХПИ» можно получать корундовый слой толщиной до $0{,}5 \cdot 10^{-3}$ м или покрытие $(0{,}5\ldots0{,}6) \cdot 10^{-3}$ м. Максимальная толщина корундового слоя, пористость и микроструктура зависит от

характеристик токовых импульсов, а толщина покрытия зависит как от токовых импульсов и температуры корундирования, так и от состава электролита. Этим объясняется использование напряжения до 1200 В для получения большой толщины преобразованного слоя. Скорость процесса можно регулировать в большом диапазоне путём изменения плотности тока. При большой плотности тока температура в канале пробоя может достигать 2500…3000 К. При этом полученная структура слоя Al2O3 получаеся с повышенной твёрдостью (рис. 1). Распределение твёрдости корундового слоя по глубине получается неравномерной. Это связано с тем, что пористость на внешней поверхности достигает 25…30 % и по мере приближения к основному металлу уменьшается до 8…12 %. График изменения пористости корундового слоя изображён на рис. 2.

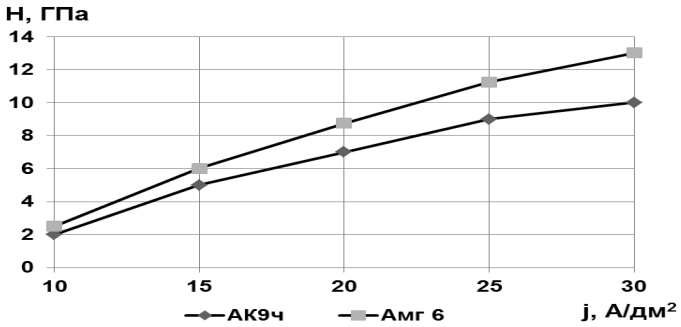


Рисунок 1. Изменение твёрдости корундового слоя на поверхности алюминиевого поршня в зависимости от плотности тока.

Образование теплозащитного корундового слоя на головке поршня позволяет выдержать более высокую температуру рабочего тела в камере сгорания, так как корундовый слой является теплозащитным и его теплостойкость составляет 900…1200 °С. Это способствует тому, что температура тела поршня под теплозащитным слоем снижается [5].

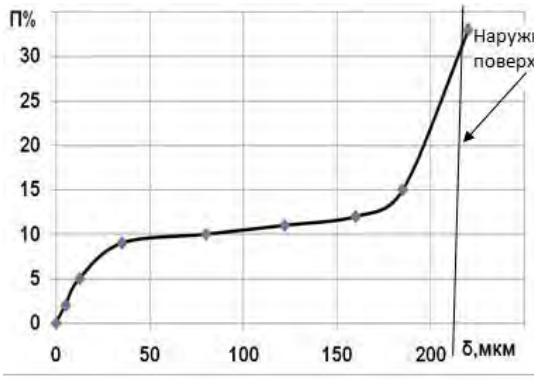


Рисунок 2. Изменение пористости по глубине корундового слоя

В НТУ «ХПИ» были проведены расчёты температурного состояния теплоизолирующего корундового слоя по глубине в зависимости от его толщины (до 0,5 мм) на днище головки поршня толщиной 16 мм для дизеля ЧН13/11,5 мощностью 130 кВт, при частоте вращения коленчатого вала 2100 мин$^{-1}$, с учётом изменения параметров теплообмена донышка головки поршня в течении рабочего цикла на установившемся режиме работы дизеля [6]. Расчёт проводился методом численного моделирования, граничные условия со стороны рабочего тела взяты из [7]. Теплофизические характеристики корундового слоя принимались равными – $\lambda = 2{,}85$ Вт/(м·К), $c = 837$ Дж/(кг·К), $\rho = 3200$ кг/м^3.

Расчеты показывают, что тепловой поток в тело поршня уменьшается на 7…10 % при увеличении среднецикловой температуры огневой поверхности донышка поршня на 50 К. При этом экспериментальные исследования свидетельствуют о снижении дымности двигателя до 30% [8].

Снижение температуры основного материала поршня, уменьшение содержания твердых частиц в продуктах сгорания в сочетании с высокой пористостью корундового

слоя также снижает износы поршневых канавок, боковой поверхности поршня и сопрягаемой поверхности гильзы [9].

Выводы. Применяемые керамические теплоизоляционные покрытия на чугунных поршнях двигателей типа Д100 показали свою эффективность, но из-за их низкой надёжности частого отслоения, трещин и других дефектов широкого распространения не получили.

Замена чугунных поршней дизеля Д100 на поршни из алюминиевого сплава позволит снизить вес мотылёвых масс, что существенно снизит нагрузки на детали кривошипно-шатунного механизма.

Проведенные в НТУ «ХПИ» теоретические и экспериментальные исследования влияния корундового слоя, полученного гальвано-плазменным методом на снижение температуры поршня тракторного двигателя позволяют принять решение, что данное покрытие будет эффективным и может быть применено на алюминиевых поршнях двигателей типа Д100.

Разработанная в НТУ «ХПИ» технология преобразования алюминиевых поверхностей гальвано-плазменным методом также позволит существенно снизить потери на трение в поршневой группе и увеличить её надёжность и ресурс.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коллегов Е.В. Поршни дизеля ОД100 с керамическими покрытиями. – «Вестник Всесоюзного научно-исследовательского института железнодорожного транспорта», 1965, №1, с. 44-51.

2. Чепиль В.С., Гордиенко Я.И. Исследование влияния термоизолирующего покрытия донышка камеры сгорания в поршне на параметры рабочего процесса и тепловое состояние двигателя Д20 // Двигатели внутреннего сгорания. Вып. 10. – Харьков: Изд-во ХГУ, 1970. – С. 46-52.

3. Никитин М.Д., Кулик А.Я., Захаров Н.И. Теплоизоляция и износостойкие покрытия деталей дизелей. – Л.: Машиностроение, 1977. – 165 с.

4. Чигиринова Н.М., Чигиринов В.В. Оксидные керамические покрытия – эффективная тепловая зщита рабочих поверхностей деталей ЦПГ // Автомобильная промышленность. – 2004. - №6. С – 30-34.

5. Марченко А.П., Пылёв В.А., Шпаковский В.В., Пылёв В.В. Эффект влияния малых толщин теплозащитного покрытия поршня на его мгновенную поверхностную температуру // Фундаментальные и прикладные проблемы совершенствования поршневых двигателей. Матер. XI Междунар. научн.-практ. конф. – Владимир: ВГУ, 2008. С. – 220-224.

6. Шпаковский В.В., Линьков О.Ю., Пылёв В.В. Оценка влияния толщины теплоизоляции на температурное состояние поршня с корундовым слоем на огневой поверхности. // Вестник НТУ «ХПИ». Тем. вып. «Транспортное машиностроение». – Харьков: НТУ «ХПИ», 2008. – Вып. 46. – С. 169-173.

7. Современные дизели: повышение топливной экономичности и длительной прочности // Ф.И. Абрамчук, А.П. Марченко, Н.Ф. Разлейцев и др. / Под общ. ред. А.Ф. Щеховцова. – К:, Техніка, 1992. – 272 с.

8. Оценка влияния гальваноплазменного покрытия поршня на выбросы твердых частиц с отработавшими газами дизеля // Парсаданов И.В., Поливянчук А.П. // Двигатели внутреннего сгорания. - 2009. - № 2. - С. 97-100.

9. Шпаковский В.В. Повышение ресурса и снижение расхода топлива ДВС путем применения частично-динамической теплоизоляции камеры сгорания. – Харьков, НТУ «ХПИ», 2012. – 132 с.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАЗРУШЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ВОЗДЕЙСТИИ ПОВТОРНО-ВРЕМЕННЫХ НАГРУЖЕНИЙ

Кравцова Л.В., Богдан А.П.
Херсонская государственная морская академия (Украина)

Введение. На сегодняшний день композитные материалы (КМ) нашли широкое применение во всех отраслях народного хозяйства и, как правило, используются в агрессивных средах или при изготовлении конструкций в случае повышенных механических воздействиях на них. Многие детали машин за время своей службы многократно подвергаются действию периодически изменяющихся во времени нагрузок. В общем случае нагрузки (напряжения) могут изменяться во времени по законам, аналитическое описание которых представляет определенные трудности. Переменные напряжения могут иметь установившийся и неустановившийся режимы. Однако, при проведении исследований по воздействию нагрузки на материал можно установить закономерности изменения деформации материала в зависимости от силы нагружения. Следовательно, изучая поведение образцов под действием повторно-переменных нагрузок исследуемых материалов, можно обобщить результаты на случай поведения деталей из этих материалов в реальных конструкциях.

Актуальность исследования. Как показывает практика, повторно - переменные нагрузки, циклически изменяющиеся во времени по величине или по величине и по знаку, могут привести к разрушению конструкции при напряжениях, существенно меньших, чем предел текучести (или предел прочности). Чем глубже изучены закономерности, описывающие процессы изменения свойств и состояние материалов, тем достовернее можно предсказать поведение изделия в условиях эксплуатации и обеспечить сохранение его показателей надежности в требуемых пределах.

Цель работы прогнозирование разрушения образцов КМ, подверженных действию повторно – переменных нагрузок с учетом остаточной деформации.

Результаты исследования. Для экспериментальных исследований были изготовлены две серии образцов КМ. Первая серия образцов хранилась в течение трех месяцев в нормальных температурно-влажностных условиях, образцы второй серии были выдержаны в пресной воде также в течение трех месяцев. Далее образцы обоих серий испытывались на четырёхточечный изгиб по ГОСТ 9550-81 многократно приложенной повторно-переменной нагрузкой. Параметры образцов: длина l = 120 ± 2 мм, ширина b = 15 ± 0,5 мм, высота h = 10 ± 0,5 мм.

Проведено измерение силы воздействия на образец в моменты деформации от 0 до 3,00 мм с шагом 0,05 мм. При этом для образцов, выдержанных в течение длительного времени в нормальных температурно-влажностных условиях, наблюдалось в среднем девять этапов последовательного нагружения с последующим снятием нагрузки, а для образцов, выдержанных в воде, 16 этапов.

Для определения взаимосвязи между силой воздействия на образец и деформацией этого образца аппроксимируем зависимость, полученную в результате эксперимента в табличной форме, некоторой функцией, так что

$$y_t = f(x_t, b) + \varepsilon_t \qquad (1)$$

где y_t – значение деформации, x_t – средняя сила воздействия на каждую единицу деформации образца, ε_t – случайные ошибки модели, b – параметры, подлежащие определению и минимизирующие случайные ошибки модели ε_t.

В качестве метода аппроксимации применен метод наименьших квадратов, сущность которого может быть выраж x_t ена следующим образом:

$$\sum_i \varepsilon_i^2 = \sum_i (y_i - f_i(x_i, b))^2 \to \min_x \qquad (2)$$

(сумма квадратов отклонений табличных и аппроксимирующих значений функции должна быть минимальной). Количество подлежащих определению параметров ***b*** зависит от вида аппроксимирующей функции.

Как известно, экстремум функции нескольких переменных определяется из условия равенства нулю частных производных по каждому из параметров. Это приводит к системе уравнений, решив которую, находим значения параметров аппроксимации (n–количество узлов (точек измерения):

$$\sum_{t=1}^{n} (y_t - f(x_t, b)) \frac{\partial f(x_t, b)}{\partial b} = 0 . \qquad (3)$$

По исходным данным, представляющим таблицы соответствия деформации образца силе нагружения (воздействия на образец), было рассчитано приращение нагрузки на каждые 0,05 мм деформации. Для начальных замеров от 0,15 мм приращение составило 10…12 Н. для начальных замеров от 0,6 мм приращение составило 14…15 Н на каждые 0,05 мм деформации. Для каждого этапа нагружения рассчитана средняя нагрузка на 1 мм деформации с учетом остаточной деформации при полном снятии нагрузки с образца.

Исследования проводились для образцов, выдержанных в течение трех месяцев как в нормальных температурно-влажностных условиях, так и в воде. В каждой серии (содержание в нормальных условиях и в воде) испытывалось по девять образцов. Обработка сгруппированных результатов испытаний показала, что достаточно рассмотреть по два образца, имеющих типовые показатели, каждой серии.

Анализ среднеквадратической погрешности для определения вида зависимости, минимизирующей случайные ошибки модели, показал, что оптимальной является полиномиальная зависимость четвертого порядка:

$$y = b_4 x^4 + b_3 x^3 + b_2 x^2 + b_1 x + b_0 \qquad (4)$$

Таким образом, определению подлежат параметры b_0, b_1, b_2, b_3, b_4. Подставив (4) в (2) и приравняв частные производные в системе уравнений (3) к нулю (условие минимизации ошибки модели) получили линейную систему пяти уравнений с пятью неизвестными решение которой осуществлялось матричным методом решения систем, в результате найдены оптимальные значения параметров аналитической зависимости.

Коэффициент корреляции деформации образца и средней нагрузки на 1 мм для первого образца, выдержанного в нормальных температурно-влажностных условиях, вычисленный по формуле:

$$\rho(\Delta, f) = \frac{\mathrm{cov}(\Delta, f)}{\sqrt{D[\Delta] \cdot D[f]}} = \frac{E[\Delta f] - E\Delta \cdot Ef}{\sqrt{E[\Delta^2] - (E\Delta)^2) \cdot (E[f^2] - (Ef)^2)}}, \qquad (5)$$

где ***cov*** обозначает ковариацию, D – дисперсию, E – математическое ожидание, Δ - деформация, f – действующая на образец нагрузка.

Выводы. На основе экспериментальных данных установлены параметры аналитической взаимосвязи силы повторно-переменного нагружения и соответствующей деформации образцов. Снижение прочности образцов КМ при повторно-переменном воздействии нагрузок происходит гораздо интенсивнее, чем при статическом воздействии. Это объясняется тем, что при таком силовом воздействии происходит накопление остаточных деформаций и микроразрушений, вызванных естественной неоднородностью материала, что приводит к снижению прочности наиболее слабых частиц, а значит, к разрушению всего образца. Результаты расчетов показали, что образцы композитных материалов, выдержанные в течение продолжительного времени в воде, более устойчивы к деформации, чем аналогичные по структуре образцы, выдержанные в нормальных условиях.

ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЦЕСУ СВЕРДЛІННЯ НАСКРІЗНИХ ОТВОРІВ ШЛЯХОМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РЕГУЛЮВАННЯ ПОДАЧІ

Кривий П.Д., Кобельник В.Р.
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)

Аналіз відомих літературних джерел показав, що при свердлінні наскрізних отворів під дією осьового зусилля P_o виникають пружні деформації деталей механізмів подач вертикально-свердлильних верстатів, що призводить до накопичення потенціальної енергії, яка в свою чергу, при виході інструмента із тіла заготовки може спричинити значне збільшення подачі, і як результат, приблизно в 1,75…1,85 рази збільшення крутного моменту, що може бути причиною поломки свердл. Через те, в процесі свердління наскрізних отворів величину подачі рекомендують встановлювати на 20…25%, а в деяких випадках – у 1,35…1,45 рази і, навіть, у 2 рази меншу відносно подачі $S_г$, яка призначається при свердлінні глухих отворів.

Таке зменшення подачі на всій глибині отвору призводить до збільшення шляху різання, підвищення трудомісткості операцій та інтенсивності зношування свердл і в кінцевому результаті до зниження ефективності обробки. З метою недопущення такого стану запропоновано ряд пристроїв, які забезпечують зменшення подачі на ВСВ тільки на етапі врізання та на етапі виходу інструменту із тіла оброблюваної заготовки, залишаючи на етапі усталеного процесу різання подачу $S_г$.

Тому отримання залежностей для визначення складових ефективності при використанні запропонованих автором конструкторсько-технологічних рішень на основі зменшення основного часу є актуальним при вирішенні даної проблеми.

В результаті проведених досліджень встановлено, що в залежності від діаметра свердла характер зміни подачі може бути класифікований на чотири види:

- подача на етапі врізання зростає від 0 до $S_г$, а на етапі усталеного процесу різання подача стабільна (визначається за певними технологічними обмеженнями) і дорівнює $S_г$ і на останньому етапі – виходу інструмента із тіла заготовки подача зменшується від $S_г$ до 0;

- подача на етапі врізання усталеного руху – стабільна і дорівнює $S_г$, яка визначена з умови міцності свердла на поздовжній згин, а на етапі виходу свердла з тіла заготовки різко збільшується (переважно для свердл малих діаметрів);

- подача на всіх трьох етапах врізання, усталеного процесу різання і виходу інструменту з тіла заготовки постійна і дорівнює $S_г$;

- подача на етапах врізання і усталеного процесу різання стабільна і дорівнює $S_г$, а на етапі виходу інструменту із заготовки зменшується до $S_{\min}$.

Отримано залежності для визначення зменшення основного часу при свердлінні наскрізних отворів для різних закономірностей регулювання подачі як на етапі врізання так і на етапі виходу інструменту з тіла заготовки.

Отримано залежності для визначення зменшення витрат при свердлінні наскрізних отворів та зрізання задирок за запропонованою технологією з реалізацією регулювання подачі у порівнянні з традиційною за рахунок збільшення продуктивності праці, економії електроенергії, зменшення попередньо кількості інструментів для виконання річної програми.

Отримано залежності для розрахунку економічного ефекту для випадків, коли регулювання подачі на всіх трьох етапах: врізанні, усталеного руху і виходу свердла з тіла заготовки здійснюється за різними закономірностями.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СКЛЯНИХ ВОЛОКОН НА ПРОЦЕСИ РЕЛАКСАЦІЇ ЕПОКСИКОМПОЗИТІВ

Левицький В.В., Курко А.М., Бадищук В.І.
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)

Вступ. Розроблення полімерних композитних матеріалів (КМ) для вузлів технологічного устаткування ґрунтується на дослідженні фізико-хімічних процесів у системі «зв'язувач-наповнювач». Важливе значення при формуванні композитів мають процеси структуроутворення зв'язувача у шарах на межі поділу фаз навколо поверхні наповнювача. Саме тому дослідження їх на стадії формування поверхневих шарів є актуальним завданням при створенні КМ з наперед заданими експлуатаційними характеристиками [1].

Матеріали та методика досліджень. Об'єктом дослідження вибрано полімерну композицію з таким співвідношенням компонентів:

- епоксидно-діановий оліґомер марки ЕД-20 – 100 мас.ч.;
- пластифікатори:
  поліетероліґодиетеракрилат (ПДЕА-4) – 20 мас.ч.;
  поліефірний лак (ПЕ-220) – 10 мас.ч.

Як твердник використано поліетиленполіамін (ПЕПА) – 13 мас.ч., який дозволяє затверджувати композити при кімнатній температурі, що доцільно при нанесенні покриттів на складні поверхні технологічного устаткування. Як армуючий наповнювач використали скляні безперервні волокна з діаметром 9…12 мкм, які вводили у композит при вмісті 80 мас.ч. на 100 мас.ч. епоксидної смоли. Дослідження процесу зшивання матриці та швидкості релаксаційних процесів при формуванні КМ виконували за допомогою розробленого пристрою на основі торсійного маятника протягом 5±0,2 год [2, 3]. Як торсіон використано сплетену з безперервних скляних волокон косу довжиною l = 200 мм, шириною b = 4 мм і товщиною h = 1,2 мм. Кількість елементарних волокон у косі – 1500…2000. На поверхню коси впродовж τ = 1…3 хв. наносили композицію, у яку попередньо добавляли твердник.

Обговорення експериментальних результатів. Експериментально встановлено, що на кривих залежності танґенса кута механічних втрат $tg\,\delta$ від часу твердіння епоксидної матриці у присутності скляного волокна спостерігаються два максимуми:

- після 0,8…1,3 год твердіння, максимум зумовлений рухливістю сегментів і бокових груп ланцюгів;
- після 3,8…4,3 год твердіння, максимум зумовлений процесом релаксації бокових груп макроланцюга зв'язувача.

Відомо, що внаслідок внутрішнього навантаження, зумовленого крутним моментом резонансних коливань торсійного маятника, частина сегментів і бокових груп ланцюгів релаксують внаслідок руйнування фізичних зв'язків [4, 5]. Після цього відбувається утворення нових фізичних зв'язків, що приводить до зменшення рухливості структурних кінетичних одиниць (сеґментів, груп) макроланцюга матриці [4]. Залежно від природи введеного у матрицю наповнювача відбувається перерозподіл фізичних зв'язків, що впливає на міжмолекулярну взаємодію, а також на рухливість сеґментів, груп і ланцюгів макромолекул зв'язувача. Максимальні абсолютні показники танґенса кута механічних втрат, а також зміщення по осі часу максимумів втрат композитів з дисперсними наповнювачами, порівняно з ненаповненим зв'язувачем лише у присутності скляного волокна, дозволяють встановити вплив природи наповнювача і технологічних режимів його попереднього оброблення на ступінь, швидкість зшивання за зміною релаксаційних характеристик епоксикомпозитів.

На основі аналізу результатів досліджень залежності танґенса кута механічних втрат від тривалості твердіння епоксидної матриці у присутності скляного волокна з

різними дисперсними наповнювачами оцінено параметри піків, що характеризують процеси релаксації КМ.

Висновки. Аналіз результатів досліджень дозволяє визначити швидкість і ступінь зшивання матриці у поверхневих шарах навколо часток дисперсного наповнювача в КМ, які армовані скляними волокнами.

Встановлено, що спосіб комплексної модифікації – попереднього оброблення часток дисперсного наповнювача та ультрафіолетового опромінення епоксидних композицій до введення твердника, значно впливає на підвищення швидкості і ступеня зшивання композитів і, відповідно, на зростання їх когезійної міцності. Підтвердженням цього ефекту є зменшення абсолютної величини танґенса кута механічних втрат і зміщення його максимуму ліворуч по осі часу на кривих залежності танґенса кута механічних втрат від тривалості твердіння епоксикомпозитів з немодифікованими частками, незалежно від їхньої фізичної природи, у присутності скляного волокна.

ЛІТЕРАТУРА

1. Фабуляк Ф.Г. Молекулярная подвижность полимеров в поверхностных слоях. - К.: Наукова думка, 1983.-144с.

2. Стухляк П.Д., Микитишин А.Г., Митник М.М., Букетов А.В. Автоматизація досліджень кінетики твердіння епоксиполімерних композитів // Вісник технологічного університету «Поділля».- Т.2, 2002.-№3.- С.59-62.

3. Патент № 54057А. Україна. Торсійний маятник / А.Г. Микитишин, П.Д. Стухляк, М.М. Митник, А.В. Букетов (Україна).-8с.;Опубл.17.02.2003,бюл.№2.- 5с.

4. Бартенев Г.М. Структура и релаксационные свойства эластомеров – М.: Химия, 1979. – 288 с.

5. Фабуляк Ф.Г., Липатов Ю.С. Исследование молекулярной подвижности в поверхностных слоях палиуретанов // Высокомолекулярные соединения.-1970.- Т.12, №4.- С.738-741.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАЗРЯДНО-ИМПУЛЬСНОЙ ТЕХОЛОГИИ ОБРАБОТКИ ПОРОШКОВ

Липян Е.В., Сизоненко О.Н., Торпаков А.С.
Институт импульсных процессов и технологий НАН Украины (Украина)

Разработка новых материалов (в том числе композиционных) с повышенными физико-механическими и эксплуатационными свойствами направлена на уменьшение элементов их структуры, в том числе благодаря значительному измельчению всех составных компонентов. Ультрадисперсные порошки, применяемые при получении подобных материалов методами порошковой металлургии, позволяют изготовлять материалы с практически теоретической плотностью при более низких температурах спекания. При этом имеются трудности в получении ультрадисперсных порошков – проблема пассивации, повышенная адсорбция газов, большая усадка, малая насыпная плотность, окисление поверхности и т. д.

В Институте импульсных процессов и технологий НАН Украины активно развивается разрядно-импульсная технология (РИТ) обработки порошков высоковольтным электрическим разрядом (ВЭР) с целью их диспергирования и активации [1–3], которая позволяет управлять эффективностью воздействия.

При осуществлении ВЭР обработки в углеводородной жидкости на границах раздела сред «металлический порошок – жидкий диэлектрик» появляются локальные плазменные образования, в которых происходит пиролиз дисперсионной среды и синтез карбидных фаз обрабатываемых металлов. Волны сжатия-растяжения и мощные гидропотоки, сопровождающие ВЭР, выполняют работу диспергирования частиц порошка и препятствуют образованию конгломератов.

Цель работы – повышение эффективности метода разрядно-импульсной обработки порошков металлов и сверхтвердых материалов.

Экспериментальные исследования показывают, что ВЭР обработка порошков алмазов, кубического нитрида бора, карбида кремния, смеси кобальта с карбидом вольфрама в воде приводит к уменьшению средних размеров частиц, увеличению удельной поверхности, изменению распределения частиц по размеру. Так, для частиц кубического нитрида бора марки ВМ 20/14 обработка со скоростью нарастания тока 25 ГА/с и удельной энергией 20 МДж/кг обеспечивает увеличение содержания частиц размером < 0,5 мкм от 1 до 78 % [1, 2].

Обработка элементарных порошков железа, титана и их смесей, в том числе с карбидом бора, в керосине помимо интенсивного измельчения, изменения морфологии и увеличения удельной поверхности обеспечивает синтез упрочняющих фаз карбидов и боридов металлов, а также интерметаллидов. Так, при обработке порошка титана с удельной энергией 40 МДж/кг и плотностью тока в проводящем канале 1,48 кА/мм^2 образуется более 40 % частиц в диапазоне от 0,1 до 1 мкм, из которых ~ 60 % составляет карбид титана [1, 3]. Продуктом ВЭР обработки порошков является готовая для консолидации шихта. Это позволяет исключить операцию по приготовлению лигатуры [3]. Консолидация порошковой шихты, полученной по данной технологии, позволила создать материал типа карбидостали с повышенными физико-механическими характеристиками: твердостью 68 HRC, прочностью на изгиб σ=1350 МПа, износостойкостью m=51 мкм/мм, по сравнению с аналогичным классом быстрорежущей стали Р6М5, для которой 60 HRC, σ=1100 МПа, m=61 мкм/мм [1, 3].

Для повышения эффективности РИТ обработки порошков необходимо обеспечить наличие частиц порошков в зоне экваториального пикового давления волны сжатия. Применение закона Стокса с поправками Озеена позволяет рассчитать скорости седиментационного осаждения частиц в жидкости, установить закономерности пространственного распределения дисперсных частиц в рабочей жидкости в зависимости

от материала порошка, его дисперсности и типа жидкости.

Для определения зависимости геометрического положения частиц порошков по высоте камеры-реактора от их размеров и времени после ВЭР были теоретически установлены зависимости скорости осаждения от размера частиц и химического состава частиц и жидкости, построено модельное распределение частиц по высоте разрядной камеры. Так, в случае, когда в среде керосина находятся частицы графита размерами < 50 мкм, титана и железа размерами 200 мкм, их скорости оседания составляют 0,20, 3,81 и 5,74 см/с соответственно.

Экспериментальные исследования подтвердили данные теоретических исследований и показали, что учет частоты следования импульсов позволяет существенно интенсифицировать воздействие на порошки. Обработка порошка титана начального размера от 100 до 160 мкм с удельной энергией 15 МДж/кг при оптимальной расчетной частоте 0,3 Гц приводит к диспергированию частиц – количество полученной мелкой фракции (< 50 мкм) составляет ~ 25 %. При этом содержание фракции начального размера не превышает 5 %.

Повышение частоты обработки до 1,3 Гц также приводит к измельчению порошка, однако в результате воздействия остается значительное количество частиц начальных размеров – до 12,5 %. При понижении частоты до 0,3 Гц количество частиц начального размера составляет ~ 30 %. При обработке с частотой 0,3 и 1,3 Гц для получаемого в результате обработки порошка содержание фракции меньше 50 мкм не превышает 14 %.

Выводы. Теоретически установлено и экспериментально подтверждено, что для повышения эффективности РИТ обработки порошков необходимо обеспечить наличие обрабатываемых частиц порошков в зоне экваториального пикового давления волны сжатия. Корреляция частоты следования разрядов при ВЭР с временем оседания частиц обеспечивает условия максимального воздействия волн сжатия на порошок и позволяет управлять эффективностью воздействия на частицы порошков с точки зрения изменения их дисперсности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Разрядно-импульсная технология обработки порошков / А.Д. Зайченко, О.Н. Сизоненко, Е.М. Шерегий и др. // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – 2014. – № 50. – С. 73–81. – ISSN 2079-0740.

2. Пат. 49909 Україна, МПК (2006.01) B24D 3/06, C01B 31/06. Спосіб виготовлення мікропорошків надтвердого матеріалу / Богатирьова Г.П., Майстренко А.Л., Сизоненко О.М., Олійник Н.О., Ільницька Г.Д., Петасюк Г.А., Нестеренко Ю.В., Тафтай Е.І., Торпаков А.С., Липян Є.В.; заявники і патентовласники Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України, Інститут імпульсних процесів і технологій НАН України, Богатирьова Г.П., Майстренко А.Л., Сизоненко О.М., Олійник Н.О., Ільницька Г.Д., Петасюк Г.А., Нестеренко Ю.В., Тафтай Е.І., Торпаков А.С., Липян Є.В. – № u200913969; заявл. 30.12.09; опубл. 11.05.10, Бюл. № 9. – 5 с.

3. Пат. 97319 Україна, МПК (2015.01) C22C 1/04 (2006.01), C22C 21/00. Спосіб одержання металоматричних композиційних матеріалів / Сизоненко О.М., Липян Є.В., Зайченко А.Д., Торпаков А.С., Присташ М.С., Трегуб В.О.; заявник і патентовласник Інститут імпульсних процесів і технологій НАН України. – № u201429975; заявл. 11.09.14; опубл. 10.03.15, Бюл. № 5. – 5 с.

ИЗНОСОСТОЙКИЕ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ САМОФЛЮСУЮЩИХСЯ СПЛАВОВ

[1]Лопата Л.А., [2]Николайчук В.Я.
[1]*Институт проблем прочности им. Г.С.Писаренко НАН Украины (Украина)*
[2]*Винницкий национальный аграрный университет (Украина)*

Введение. При строительстве судов преобладают, в основном, различные марки стали, хотя алюминий и другие цветные металлы тоже используются для некоторых типов надстроек (например, палубная рубка) и прочих специальных участков судна. Сталь является превосходным материалом, применяемым в судостроении, она обеспечивает требуемую способность к формоизменению, обрабатываемость и свариваемость в сочетании с прочностью, необходимой для судов. Для изготовления структурного каркаса судов применяется низкоуглеродистая сталь и высокопрочная сталь различных марок. Низкоуглеродистая сталь имеет ценные свойства: ее легко изготавливать, приобретать, формировать и подвергать сварке. Высокопрочная сталь применяется для обеспечения механических свойств, которые являются лучшими, чем у низкоуглеродистой стали. Высокопрочная сталь с высоким пределом текучести HY-80, HY-100 и HY-130. Была разработана специально для применения в военно-морском судостроении. Для обработки высокопрочной стали, требуются более сложные процессы сварки (предварительный нагрев сварного шва, особые присадочные прутки) с тем, чтобы предотвратить ухудшение ее свойств. Высоколегированная сталь, включающая нержавеющую сталь, оцинкованная сталь и сплав на основе никеля и меди, используются для устойчивости к коррозии с целью улучшения конструктивной целостности. Алюминий находит все большее применение в качестве металла для судостроения, благодаря своей высокой удельной прочности по сравнению со сталью. Корабли, выполненные исключительно из алюминия являются судами гораздо меньшего размера (рыболовные суда, прогулочные катера, малогабаритные пассажирские суда, канонерские лодки и суда на подводных крыльях). Алюминий, используемый для судостроения и ремонта, легируется с марганцем, магнием, силиконом и/или цинком. Такие сплавы имеют значительную прочность, коррозионную стойкость и свариваемость. Однако, цветные металлы используются в меньших количествах, чем сталь. При ремонте и восстановлении деталей в качестве материала покрытий чаще всего выбирают самофлюсующиеся сплавы (СФС), которые являются важным классом материалов для получения защитных покрытий (ЗП). СФС - многокомпонентные гетерогенные системы на основе Ni, Co, Fe с твердыми дисперсными включения карбидов, боридов, силицидов.

Актуальность исследований. Актуальной задачей современного материаловедения является повышение свойств покрытий из востребованного промышленностью и сравнительно дешевого класса порошковых материалов, как самофлюсующиеся сплавы**.** Эту задачу можно решить путем использования низкоэнергоемкого (0,3…0,4 квт·ч/кг) и высокопроизводительного (6…9 кг/час) метода нанесения покрытия - электроконтактного припекания (ЭКП)**.** По сравнению с наплавкой в процессе нанесения покрытия ЭКП сохраняются его состав и свойства.. Зона термического влияния при ЭКПП составляет 0,1…1,0мм, а при наплавке от 4мм (наплавка под слоем флюса) до 25мм (газопламенная наплавка). По сравнению с методами газотермического напыления этот метод обеспечивает низкую пористость (3…5 %) и повышенную прочность сцепления с основой (180…220 МПа). Однако, в работах по ЭКП отсутствуют систематические исследования особенностей структуры, состава и свойств получаемых покрытий во взаимосвязи с параметров процесса, то есть отсутствует материаловедческий аспект. В связи с этим представляет интерес исследование износостойких высокопрочных покрытий на основе СФС ЭКП за счет установления взаимосвязи технологических параметров процесса со структурой, составом и свойствами покрытий и управление ими.

Результаты исследований. В исследованиях использовались СФС на основе железа - ПГ-С1 и на основе никеля - ПГ-СР3**,** в том числе с износостойкими добавками, в частности порошка ферросплава углеродистого (ФХ-800). Процесс формирования покрытий при ЭКП включает: 1) формование (уплотнение порошкового слоя) под давлением $P \geq 10$ МПа при температурах от $T_{ком}$ до 0,1…0,2 $T_{пл}$; 2) спекание под давлением $P \geq 20…40$ МПа при пропускании электрического тока $T \leq 0,6…0,8T_{пл}$; 3) припекание спеченного порошкового слоя к основе при $P \geq 40…100$ МПа и $T \leq 0,8…0,9T_{пл}$**.** Высокая прочность сцепления покрытий $\sigma_{сц.}$ с основой (180…220 МПа) обеспечивается за счет образованием со стороны основы широкой диффузионной зоны (ДЗ) за счет диффузии никеля Ni и хрома Cr в основу **(**рис. 1,а,б,в,г**).** . Наличие на межфазной границе «покрытие-основа» ДЗ до 0,02 мм **(**рис. 1**)** и минимальной зоны термической влияния (ЗТВ) до 1,8 мм **(**рис. 2,а**)** характеризуется изменением микротвердости **(**рис. 2,б**).** Размеры зоны термического влияния (ЗТВ), ее структура и свойства зависят от термического цикла процесса припекания **(**рис. 2,в). Основные особенности структурообразования покрытий при ЭКП заключаются в следующем. Высокая скорость нагрева и охлаждения при приложении давления приводит к растрескиванию карбидных частиц **(**рис. 1,г**).** Эффект измельчения карбидной фазы способствует увеличению износостойкости покрытий. Карбидные частицы имеют специфическую остроугольную форму **(**рис. 1,г**)**, что свидетельствует о сохранении исходных свойств и структуры материала покрытия при электроконтактном припекании.

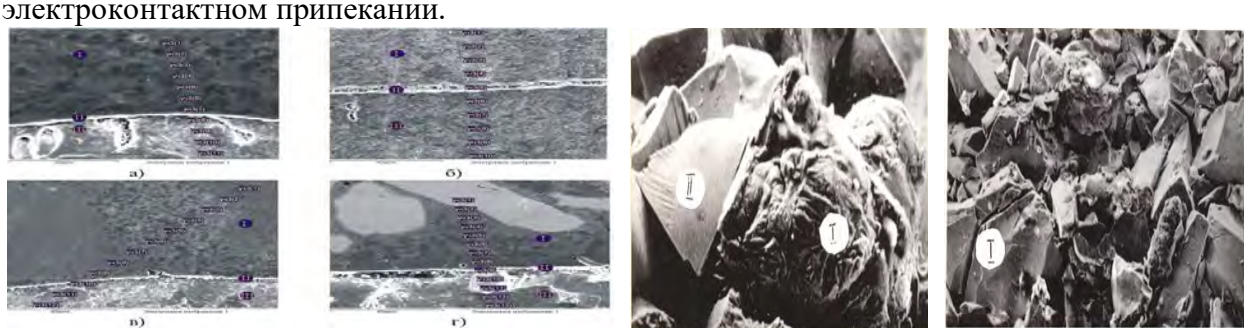


Рисунок 1. Микроструктура покрытий, полученных ЭКПП:(а), (б) ПГ-СР3; (в) ПГ-С1; (г) 70% ПГ-С1 и 30% ФХ-800; г) фрактограмма покрытия, полученного ЭКПП шихты из 60%ПГ-С1 и 40%ФХ-800 (1-участок разрушения частиц ФХ-800)

Рисунок 2. Характеристика ЭКПП ПР-С1+ФХ-800: а) ЗТВ (х100); б) изменение микротвердости; в) термический цикл

Выводы. Получение покрытий из СФС ЭКП приводит к диспергированию частиц твердой фазы, что способствует увеличению микротвердости и износостойкости, а также позволяет сохранить исходные свойства материала покрытия**.** Износостойкость полученных покрытий в 2,3…3,18 раза выше, чем стали 45, закаленной до твердости 46…48 $HRC_э$. ЭКП СФС предопределяет снижение стоимости изготовления и восстановления деталей за счет замены более дорогой легированной стали на сталь 45 с покрытиями из СФС при повышении ресурса деталей в 3…5 раз.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ СУДОВЫХ КОРПУСНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В УСЛОВИЯХ ОТКРЫТОГО МОРЯ

[1]Ляшенко Б.А., [2]Ивченко Т.И., [2]Троцан Г.Н.
[1]*Институт проблем прочности им.Г.С.Писаренко НАН Украины (Украина)*
[2]*Херсонская государственная морская академия (Украина)*

Введение. В современных условиях при сокращении объемов судостроения и строении флота актуальными становятся задачи выполнения поддерживающего ремонта для восстановления прочности и водонепроницаемости изношенных корпусов стальных судов при минимальных затратах металла, трудоемкости и стоимости работ.

Актуальность исследований. При эксплуатации морских судов из-за несовершенства лакокрасочных материалов наблюдается коррозионный износ металлических корпусных конструкций. Поэтому постоянно возникает необходимость их ремонта для восстановления прочности, жесткости и герметичности. Существуют технологии ремонта путем замены прокорродированных участков с применением электросварки. Это связано с постановкой судна в док, с длительными его простоями, большими объемами монтажных работ. В авиационных и ракетных конструкциях широко применяются системы металл-стеклопластиковое покрытие, нанесенное с помощью полимерных клеев. Для обеспечения необходимой прочности склеивания применяют до 15 операций подготовки поверхности, особенно очистку и обезжиривание. Для этого требуются производственные помещения с кондиционированной средой. Для судоремонта эти технологии не подходят из-за дороговизны и невозможности выдержать требования технологии.

Постановка задачи. Применение покрытий из стеклопластика на корродированных стальных конструкциях в судоремонте стало возможным с появлением нового класса полимерных клеев, позволяющих склеивать стеклопластик с металлом без осушки и обезжиривания металлической поверхности в условиях влажного воздуха, под водой, в нефтепродуктах. Новый принцип склеивания разработан в Академии наук Украины, запатентован во всех развитых странах мира. Суть принципа - введение в полимерный клей поверхностно-активных веществ (ПАВ), к которым привиты группы, способные к химическому взаимодействию с клеем в процессе его полимеризации. Такие поверхностно-активные вещества называют реакционно-способными (РПАВ) в отличие от химически индифферентных (ИПАВ). На основе этого принципа разработан ряд клеев. Ремонт путем наклеивания стеклопластикового покрытия осуществляют клеями с РПАВ в условиях открытого моря, судоремонтного предприятия и в процессе эксплуатации силами экипажа. Покрытие из стеклопластика, наклеенное новыми адгезивами с РПАВ, выполняет многофункциональную роль: – восстановление локальной прочности и жесткости, потерянной из-за коррозии металла; – восстановление герметичности (водо-непроницаемости); – предотвращение дальнейшего коррозионного износа; – снижение вибрации (демпфирование); – снижение веса конструкции при одновременном увеличении ее несущей способности; – снижение теплопроводности (увеличение теплоизолирующего действия); – противообрастающая роль.

Результаты исследований. С учетом накопленного опыта новая технология судоремонта путем восстановления корродированных корпусных конструкций стеклопластиковыми покрытиями состоит из операций, представленных ниже.

Электромеханическая очистка прокорродированных участков. Осуществляется вращающимися металлическими щетками. При этом на щетку подаются электрические импульсы специальной формы. Моющие растворы не требуются. Электрические разряды и механическое воздействие щетки удаляют слабые и рыхлые слои, которые могут снизить прочность склеивания при нанесении стеклопластикового покрытия.

Нанесение протекторного подслоя дискретной структуры. Слой стеклопластика и клеевая полимерная прослойка не являются герметикой для влаги и морской воды. Абсорбированные молекулы воды могут накапливаться на поверхности металла, что приводит к его коррозии и потере адгезионной прочности со стеклопластиковым покрытием. Дискретная структура протекторного подслоя обеспечивает равномерность протекторной защиты и стойкость подслоя при действии механических нагрузок. Нанесение протекторного подслоя осуществляется электромеханической операцией с помощью металлической щетки, которая использовалась при электромеханической очистке путем электроискрового легирования.

Нанесение точечных участков на стальную поверхность для повышения адгезионной прочности стеклопластикового покрытия. Разработан способ повышения трещиностойкости адгезионного соединения путем прерывистости его структуры в слое адгезива. Это достигается точечным легированием стальной поверхности материалом, который обладает более высокой адгезионной прочностью с клеем. Эта операция может совмещаться с предыдущими операциями и осуществляться той же электромеханической щеткой. Совместная обработка полимерным клеем и электромеханической щеткой увеличивает прочность склеивания в 8 раз. Увеличение шероховатости при нанесении протекторного подслоя и при нанесении точечных участков повышенной прочности приводит к трехкратному повышению адгезионной прочности при сдвиге в условиях одновременного действия нормального сжатия (за счет роста фрикционной составляющей клеевого соединения). Это особенно обеспечивает высокую прочность при нанесении стеклопластикового покрытия.

Наклеивание стеклопластикового покрытия. В зависимости от глубины коррозионного износа стального листа наносится один или более слоев стеклоткани. Подача полосы стеклоткани осуществляется одновременно с пропиткой ее полимерным клеем и при формовании его на восстанавливаемой стальной поверхности. Особенность клеев с РПАВ – двух - или трехкомпонентный состав, который требует смешивания компонентов перед самым склеиванием (время работоспособности клея ограничено - около I часа).

Нанесение защитного герметизирующего слоя. Для повышения долговечности стеклопластикового покрытия в контакте с морской водой или другими агрессивными средами следует на стеклопластиковое покрытие нанести наружный герметизирующий слой. Это может быть металлическая фольга (например, алюминиевая) или металлизированная полимерная пленка. Используется тот же клей, что и для нанесения слоя стеклопластика. Время полимеризации всей композиционной конструкции - до 24 часов при нормальной температуре окружающей среды. Время регулируется составом клея. Возможно применение нагрева для ускорения полимеризации. Полный уровень прочности соединения достигается через 30 суток. Пуск к эксплуатацию возможен после 24 часов после нанесения стеклопластика.

Выводы. Предложена технология судоремонта путем восстановления корродированных корпусных конструкций стеклопластиковыми покрытиями, в основе которой лежит принцип введения в полимерный клей поверхностно-активных веществ (ПАВ), которые способны к химическому взаимодействию с клеем в процессе его полимеризации, и способ нанесения точечных участков на стальную поверхность для повышения адгезионной прочности стеклопластикового покрытия повышенной прочности приводит к трехкратному повышению адгезионной прочности при сдвиге в условиях одновременного действия нормального сжатия (нанесение протекторного слоя дискретной структуры).

ОПТИМІЗАЦІЯ СКЛАДУ ЕПОКСИКОМПОЗИТНИХ ПОКРИТТІВ, НАПОВНЕНИХ ВИСОКОДИСПЕРСНИМ ПОРОШКОМ ЦИРКОНІЮ

Малець В.М., Кашицький В.П.
Луцький національний технічний університет

Завдяки високим фізико-хімічним характеристикам високодисперсний порошок цирконію знаходить широке застосування в різних галузях виробництва: ядерній енергетиці, металургії, вугільній та хімічній промисловості, авіаційно-космічній техніці, електроніці та медицині. Його використовують в якості конструкційних, термобар'єрних, теплозахисних, електроізоляційних та зносостійких матеріалів [1, 2]. Цирконій поєднує в собі унікальні різнофункціональні властивості: підвищену корозійну і радіаційну стійкість, іонну провідність, термо- та зносостійкість, високу міцність, пластичність, твердість та пружність, біологічну сумісність [3], що стимулює створення нових захисних полімеркомпозитних покриттів з його використанням.

До захисних покриттів ставлять широкий спектр вимог: високу стійкість проти значних теплових впливів, високу адгезія до субстрату, низьку газопроникність покриття, ідентичність термічного розширення покриття і субстрату, однак в більшості випадків покриття повинні характеризуватися широким комплексом властивостей, що забезпечить їх тривалу роботу в складних умовах експлуатації. Перспективним рішенням даної задачі є введення до складу полімерної матриці високодисперсного порошку цирконію, що дозволить покращити комплекс механічних та експлуатаційних властивостей, а також розширити область використання захисних покриттів.

Для рівномірного розподілу армуючих дисперсних елементів і стабільності фазового складу композицію піддають обробці зовнішніми енергетичними полями. Застосування даних полів дає змогу змінювати надмолекулярну структуру, в'язкість та механічні властивості полімеркомпозиційних матеріалів. Перспективною в даному плані є обробка електромагнітним опроміненням епоксиполімерних композицій на стадії формування, що сприяє більш рівномірному розподілу структурних складових, активізації взаємодії на межі поділу фаз та зменшенню дефектності системи [3].

В якості об'єкта дослідження обрано епоксидну смолу марки ЕД-20 (ГОСТ 10587-84), що являє собою рідкий реакційноздатний олігомерний продукт на основі дигліциділового ефіру дифенілолпропану. Для полімеризації епоксидних композицій використовували затверджувач поліетиленполіамін - ПЕПА (ТУ 6-05-241-202-78), який має високу швидкість взаємодії первинних і вторинних аміногруп з епоксидними групами вже при кімнатній температурі.

Оптимізацію вмісту порошку цирконію (0,1…0,5 мкм) проведено за величиною залишкових напружень (ГОСТ 13036-67) та адгезійної міцності (ГОСТ 14759-69) епоксикомпозитного матеріалу.

Для вивчення впливу магнітного поля використано електромагнітний змішувач. Оптимальна тривалість обробки складала 15 хв при частоті 50 МГц.

Тверднення епоксикомпозитного матеріалу здійснювали за наступним режимом термічної обробки: 18 °С з витримкою 24 години, 70 °С – 1 год, 100 °С – 1 год, 130 °С – 4 год.

Експериментально встановлено, що введення порошку цирконію до складу епоксидної матриці (6-7 мас.ч.) зумовлює зростання адгезійної міцності (σ_a = 51,0 МПа) до 40 % порівняно з ненаповненою системою. Порошок цирконію сприяє утворенню міцного адгезійного зв'язку між поверхнею наповнювача і епоксидною матрицею з мінімальними внутрішніми напруженнями, завдяки високій здатності до змочування полімером.

Необхідно зазначити, що обробка в електромагнітному полі епоксикомпозиції (6-7 мас.ч. порошку цирконію) збільшує адгезійну міцність на 20 % (σ_a = 63,0 МПа),

оскільки відбувається підвищення просторової орієнтації та впорядкування ланцюгів макромолекул полімерів вздовж силових ліній напруженості магнітного поля, активізується взаємодія матриці з дисперсними частинками наповнювача та відбувається формування впорядкованої структури епоксикомпозиту.

Подальше збільшення вмісту порошку цирконію (8-16 мас.ч.) в епоксикомпозиті призводить до плавного зниження адгезійної міцності, що в основному пов'язане з появою різноманітних дефектів структури (порожнини, пори) в об'ємі епоксикомпозитного матеріалу. Зниження адгезійної міцності при підвищеному вмісту наповнювача можна пояснити також підвищеною в'язкістю системи, в результаті чого знижується здатність до механічного зачеплення полімерної матриці з мікронерівностями на поверхні субстрату.

Експериментально встановлено, що в необроблених електромагнітним полем епоксиполімерах та епоксикомпозитах зафіксовано високі значення залишкових напружень (1,0…1,6 МПа), що пов'язано з локальним зшиванням макромолекул матриці, оскільки процес відбувається хаотично та нерівномірно, відповідно, частина системи знаходиться в напруженому стані.

Величина залишкових напружень для епоксиполімерних матеріалів, що піддавались впливу електромагнітної обробки, знижується на 30…40 %., а для епоксикомпозитів наповнених цирконієм в оптимальній кількості характерне зниження залишкових напружень на 50-60 %. Дані зміни напруженого стану системи пов'язані з частковим перерозподілом частинок наповнювача в електромагнітному полі.

Отже, введення в епоксидну матрицю високодисперсного порошку цирконію в оптимальній кількості 6-7 мас.ч. зумовлює підвищення адгезійної міцності епоксикомпозиту (σ_a = 63,0 МПа), оскільки застосований режим електромагнітної обробки дозволяє рівномірно розподілити частинки наповнювача, що підтверджено низькими значеннями залишкових напружень ($\sigma_{вн}$ = 0,4 МПа). Покращення структурування зумовлено тим, що у процесі електромагнітної обробки активуються макромолекули епоксидної смоли з утворенням вільних радикалів, які є більш рухливими порівняно з макромолекулами олігомера і активніше взаємодіють із центрами на поверхні дисперсних частинок. Встановлено, що введення даного наповнювача дає змогу підвищити адгезійну міцність епоксидної матриці на 95 %, тому композиційні матеріали з вмістом порошку цирконію є досить перспективними для розробки захисних покриттів технологічного обладнання.

ЛІТЕРАТУРА

1. С. В. Габелков Кинетика кристаллизации наночастиц аморфного оксида циркония // Доповіді Національної академії наук України, 2011, № 7, 2011. – С. 83-89.

2. Современное состояние и перспективы развития производства циркония и его сплавов и изделий из них / А.К. Шиков, А.Д. Никулин, А.В. Никулина и др. // Физика и химия обработки материалов. – 2001. – № 6. – С. 5-14.

3. Электронно-лучевая плавка циркония / В.М. Ажажа, П.Н. Вьюгов, С.Д. Лавриненко // Вопросы атомной науки и техники. – ИФТТМТ ННЦ «ХФТИ», г. Харьков, 2000. – С. 3-11.

АВТОМАТИЗОВАНИЙ АНАЛІЗ ФОРМИ ТА РОЗМІРІВ ЯМОК В'ЯЗКОГО ВІДРИВУ НА ПОВЕРХНЯХ РУЙНУВАННЯ СТАЛЕЙ ТА ТИТАНОВИХ СПЛАВІВ

Марущак П.О., Коноваленко І.В., Поливана У.В.
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Відомо, що накопичення розпорошених пошкоджень у полікристалічних матеріалах спричиняє локалізацію деформаційного процесу за умов силового навантажування. При цьому, для трубних сталей (17Г1С, 17ГС, 09Г2С), які використовують для виготовлення магістральних газопроводів та титанових сплавів, які є матеріалом для авіаконструкцій, одним основних видів експлуатаційних дефектів є розпорошені мікропори. Існує кілька методів та моделей опису виникнення та об'єднання мікропор, які пов'язують їх кількість та розміри з параметрами енергоємності та статичної тріщиностійкості, зокрема метод О.А. Лебедєва, М.Г. Чаусова [1], який дозволяє оцінювати деформацію розпушування матеріалів. Проте, цей підхід є нечутливим до морфологічних параметрів пор, та механізмів їх об'єднання. Ефективним доповненням до нього, на нашу думку є фрактографічний аналіз ямок в'язкого відриву.

Метою даної роботи було створення автоматизованого методу аналізу форми, розмірів пор на основі оптико-цифрового аналізу зображень фрактограм сталей та титанових сплавів. Досліджували зразки експлуатованої сталі 17Г1С (після 40 років напрацювання) діаметром 5 мм. Їх статично навантажували записуючи зусилля навантажування та поздовжнє видовження зразків. Крім того, були досліджені зразки титанового сплаву ВТ-22 при статичному навантажуванні та за умов створення динамічного нерівноважного процесу [2]. Поверхню зламів зразків досліджували на скануючому мікроскопі РЕМ 106И. Одержані фрактограми аналізували за допомогою розробленого алгоритму. Розроблений в Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя метод дозволяє ідентифікувати елементи мережі ямок в'язкого відриву, визначати їх кількість, форму та питому частку у межах аналізованої ділянки. Запропоновано та реалізовано загальну структуру алгоритму програми для отримання, обробки, аналізу та документування цифрових зображень з погляду оптичної дефектометрії. Розроблено та досліджено алгоритм розпізнавання положення ямок на низці зображень контрольних ділянок фрактограм. Проаналізовано спотворення, які виникають на різних етапах обробки даних та виявлено основні фактори, що впливають на точність вимірювань, що дозволило встановити обмеження методу та оцінити його точність. Пропонований авторами метод цифрового аналізу (фрактодіагностування) дозволив отримати експрес-інформацію про морфологічні особливості зламів сталі 17Г1С та титанового сплаву ВТ-22 і забезпечив оцінювання механізмів їх руйнування. Це особливо важливо для нафтогазової галузі, зокрема магістральних нафто- газопроводів, де несподівані зупинки не допускаються технологією виробництва, а час експлуатації конструкції з технологічними мікродефектами є доволі значним. Для дослідженого титанового сплаву ВТ 22 виявлено зміну форми та розмірів ямок за статичного навантажування та за ДНП, що дозволяє обґрунтувати морфологічні зміни динамічно деформованого матеріалу та збільшення його пластичності.

ЛІТЕРАТУРА

1. Новые методы оценки деградации механических свойств металла конструкций в процессе наработки / А.А. Лебедев, Н.Г. Чаусов, Ин-т пробл. прочности им. Г.С.Писаренко НАН Украины. - К.: 2004. - 133 с.

2. M. Chausov, P. Maruschak, O. Prentkovskis, A. Pylypenko, V. Berezin, K. Volyanska Self-organisation of the heat resistant steel structure following dynamic non-equilibrium processes // Solid State Phenomena. - 2015. - Vols. 220-221. - P. 917-921.

РЕЗЕРВЫ УПЛОТНЯЕМОСТИ ЖЕЛЕЗНОГО ПОРОШКА

[1]Миницкий А.В., [2]Сосновский Л.А., [1]Лобода П.И.
[1]*Национальный технический университет Украины «КПИ» (Украина)*
[2]*Институт проблем материаловедения им. И.Н. Францевича НАН Украины (Украина)*

Различные внешние факторы, влияющие на получаемые значения плотности порошковых материалов, трудно поддаются учету и, как правило, количественно не учитываются. По-видимому, влияние именно этих факторов обусловило высказывание В.Д. Джонса о невозможности совпадения данных по плотности порошковых объектов, получаемых в различных лабораториях [1].

Целью настоящей работы является выявление процедуры определения плотности ансамбля порошинок, которая может оказаться более корректной и полезной при создании и сравнении технологических сценариев изготовления конечного изделия и выбора наиболее приемлемого.

Прессование порошка железа проводили в разъемной пресс-форме с рабочим диаметром 10 мм, при давлениях 200…700 МПа. Полученные брикеты подвергали допрессовке в той же разъемной пресс-форме, т.е. в соответствии с известной технологией допрессовки [2]. Допрессовку брикетов проводили без смазки или с их предварительной смазкой вазелином. Часть брикетов подвергали отжигу в водороде при температуре 800 ºС, для снятия деформационного наклепа.

Сравнение и анализ полученных результатов позволяет предположить, что информация об уплотняемости порошка железа, является недостаточно полной и соответственно, неспособной выявить резервы уплотняемости этого порошка. Последние могут быть определены только при использовании внешних и внутренних приемов, облегчающих протекание процессов уплотнения:

- снижением площади контакта уплотняемого порошка железа с рабочей поверхностью пресс-формы, реализуемая посредством предварительного брикетирования порошка при не высоком давлении первичного прессования или набивки;

– снижением коэффициента трения уплотняемого брикета о стенки пресс-формы;

– повышением пластичности порошка железа наклепанного в процессе его первичного прессования.

Мы полагаем, что сравнения резервов уплотняемости различных порошков железа может позволить более корректно оценить и сформулировать возможности и задачи порошковой металлургии Украины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Джонс В.Д. Основы порошковой металлургии. Прессование и спекание. – М.: Мир, 1965. – 403 с.

2. Кем А.Ю. Теоретические основы и технология специальных методов порошковой металлургии для изготовления изделий электронной техники. Дис. … докт.техн.наук. – Новочеркасск, 2003 – 360 с.

ФОРМУВАННЯ ПОРИСТИХ ЕПОКСИКОМПОЗИТІВ ШЛЯХОМ МОДИФІКУВАННЯ ПОЛІВІНІЛОВИМ СПИРТОМ

Мороз К.М., Карташов В.В., Каретін В.М.
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)

Вступ. Пористі матеріали на основі полімерів досить розповсюджені і вже впродовж довгого періоду часу широко використовуються у техніці, медицині, біотехнологіях і т.д. Отже, як бачимо, розробка нових і вдосконалення вже існуючих технологій по виготовленню таких матеріалів є актуальними. Аналіз існуючих рішень показує, що відомо велику кількість способів щодо отримання як звичайного, на основі емульсійного полівінілхлориду матеріалу [1], так і макропористого [2], шляхом використанням полімерної основи хітозану, а також матеріалів на основі термопластичних смол [2]. Проте,слід зазначити, що вище описані методи мають велику кількість недоліків, а саме: використання складного технологічного обладнання (преси, холодильні установки для кріогенної обробки) і великої кількості каталізаторів та нейтралізаторів хімічних реакцій, токсичність і пожежонебезпечність через використання летких речовин, наприклад розчинників. Отже, актуальним є дослідити процес пороутворення у матеріалах, які позбавлені вищезгаданих недоліків, а саме – композитах на основі епоксидного олігомеру марки ЕД-20.

Методика досліджень. Об'єктом дослідження вибрано епоксидний олігомер марки ЕД-20 (ГОСТ 10587-84). Для зшивання використано низькомолекулярну речовину поліетиленполіамін (ПЕПА) (ТУ 6-05-241-202-78). В якості лінійного полімера використано полівініловий спирт німецького фиробництва фірми Mowiol марки 10-98. Для досліджень використали 20…24 % розчин ПВС. Стехіометричне співвідношення компонентів складало 100 мас.ч. олігомеру ЕД-20 на 10 мас.ч. ПЕПА. Концентрацію ПВС по відношенні до ЕД-20 змінювали в межах від 1мас.ч. до 100 мас.ч. при перерахунку на суху масу спирту. Зразки формували шляхом гідродинамічного суміщення компонентів з наступною витримкою при температурі $T = 293 \pm 2$К впродовж 24годин.

Термообробку проводили шляхом нагрівання зі швидкістю $V = 3$К/хв до температури $T = 393$ К і витримкою впродовж часу $\tau = 2{,}0$ год з наступним повільним охолодженням до температури $T = 293 \pm 2$ К. З метою стабілізації структурних процесів, а саме видалення залишків полівінілового спирту і розкриття пор проводили два наступних цикли кипятіння у воді впродовж $\tau = 1{,}0$ год і сушіння впродовж $\tau = 2{,}0$ год.

Обговорення результатів. Під час суміщення складових композиту спостерігали підвищення температури зразків як внаслідок хімічної взаємодії між молекулами твердника та олігомера так і зміна забарвлення композиції із прозорого, згідно ГОСТ (10587-84) на білий в результаті несумісності води із вищенаведеними складовими. На даний час, ще не достатньо вивчено влив води на властивості епоксидів, проте, існує загальноприйнята думка про її несприятливий влив на фізико-механічні властивості внаслідок ефекту пластифікації [3]. Для всіх дослідних зразків, після витримки при кімнатній температурі впродовж 24 год, була характерна пластичність, яку можна пояснити наявністю великої кількості вільних радикалів незадіяних в процесі структуроутворення матеріалу, що приводить значних конформацій макромолекул зв'язувача внаслідок теплового руху. З метою покращення ступеня зшивання матеріалу, зразки піддавали термообробці. В результаті спостерігали зменшення густини матеріалу у 1,1…2,9 рази шляхом утворення пор в наслідок випаровування води із глибини зразків. Процес структуроутворення композитів у присутності води з подальшою сушкою також можна розглядати як спосіб отримання гранично затвердженого матеріалу із стабільними властивостями [3].

Пористість дослідних зразків визначали за формулою:

$$П = (1 - \rho_v / \rho_t) \cdot 100\%, \qquad (1)$$

де ρ_v – умовна густина матеріалу зразка, г/см^3

ρ_t – густина матеріалу матриці з ЕД-20, г/см^3.

Залежність вмісту пор отриманих матеріалів від вмісту ПВС наведено на рис.1.

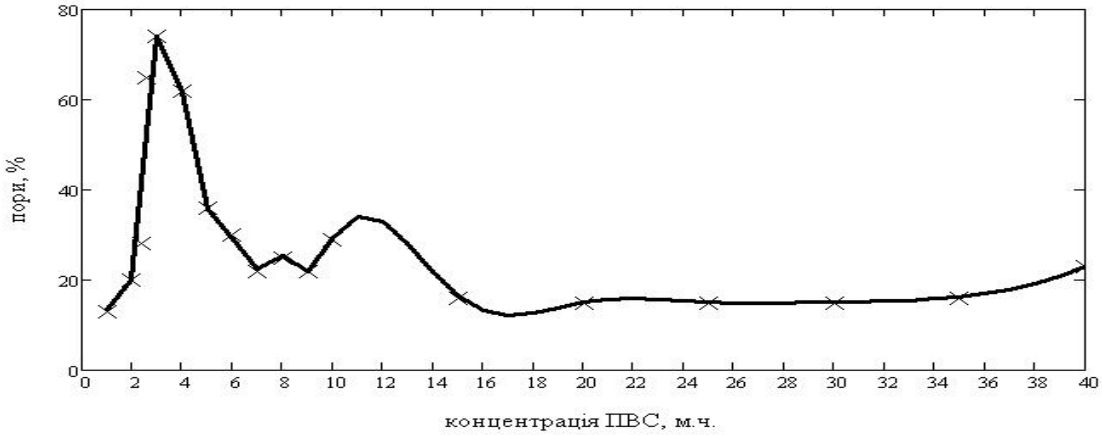


Рисунок 1. Залежність пористості зразків від вмісту в них розчину ПВС.

Аналізуючи отриману залежність можна стверджувати, що максимальне значення пористості, а саме 65…74 % спостерігається у матеріалу з вмістом розчину термопласту ПВС від 2,6 до 3 мас.ч. на 100 мас.ч. епоксидного олігомеру. Очевидно, таке співвідношення компонентів і є оптимальним для даного роду матеріалів. В такому випадку, процес структуроутворення супроводжується утворенням взаємопроникаючих полімерних сіток (ВПС) в результаті суміщення двох видів молекулярних структур, без формування, на першому етапі, хімічних зв'язків і з їх наступним утворенням під дією температури при термообробці. Отримані результати, в свою чергу, узгоджуються із працею [3].

Зменшення відсоткового вмісту пор у композиціях спостерігається при введені більше 4-х масових часток ПВС і сягає величини у 15…35 одиниць. Зменшення пористості матеріалу при підвищенні вмісту розчину ПВС можна пояснити збільшенням щільності поперечного зшивання в наслідок превалювання процесів доотвердження в результаті інтенсивного молекулярного руху, який підвищує ймовірність контакту ще непрореагованих реакційно здатних груп [3]. Проте, при подальшому збільшенні кількості води, починає переважати ефект пластифікації, наслідком якого є повне руйнування зразків в процесі циклів кип'ятіння-сушіння для композицій із вмістом розчину більше 60 мас.ч.

Висновки. Аналіз отриманих результатів дає змогу констатувати, що пористою основою для матеріалу можна використати епоксидну композицію із таким співвідношенням компонентів: 2,6...3 мас.ч. ПВС: 100 мас.ч. ЕД-20 : 10 мас.ч. ПЕПА. Встановлено, що вміст пор такого матеріалу становить74%. Подальше збільшення кількості розчину ПВС не призводить до підвищення пористості зразків, а при вмісті 60 мас.ч. і більше спостерігається різке погіршення фізико-механічних характеристик.

ЛІТЕРАТУРА

1. Патент РФ №2032698. Пористый материал и способ его получения / Морозов И.В.; Стрелкова Л.Д.Дата публ. 10.04.1995;

2. Патент РФ №2078099. Способ получения макропористого полимерного материала / Лозинский В.И.; Зубов А.Л. Дата публ. 27.04.1997;

3. О.В.Пиріков, Д.П.Лойко. Перспективність використання епоксидних та епоксикаучукових полімерів як гідроізоляційні матеріали. Вісник донбаської національної академії будівництва та архітектури. Сучасні будівельні матеріали. Вип.2009-1(75).-С.94-99.

ВПЛИВ ПРОЦЕСУ ГІДРИДОУТВОРЕННЯ НА ДИФУЗІЙНІ ПАРАМЕТРИ ВОДНЮ У ТАНТАЛІ

Мохун С.В.
Тернопільський національний педагогічний університет ім. В. Гнатюка (Україна)

У сучасній енергетиці вироби зі сплавів на основі металів V групи широко застосовують при виготовленні деяких вузлів атомних і термоядерних реакторів (ТЯР). Однак, у випадку ТЯР на дейтерій-тритієвій плазмі слід враховувати, що ці матеріали є гідридотвірними і, абсорбуючи у значних кількостях водень та його ізотопи, можуть окрихчуватися. Крім того, існує екологічний аспект проблеми їх застосування, який полягає у забезпеченні необхідного рівня проникання тритію у навколишнє середовище (1 Ku в день), що відповідає водневій проникності $P_{кр.} = 2{,}4\cdot10^{-12}$ моль/(м·с·Па$^{1/2}$). Результати вимірювання водневої проникності ніобію і ванадію показали [1], що вона перевищує величину $P_{кр.}$. Тому для виготовлення вузлів ТЯР застосовують не чисті метали V групи, а сплави на їх основі, поверхню яких модифікують захисними покриттями.

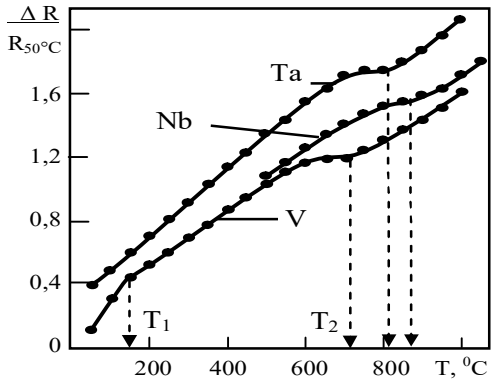


Рисунок 1. Температурна зміна електроопору V, Nb [1] і Ta за охолодження у водні.

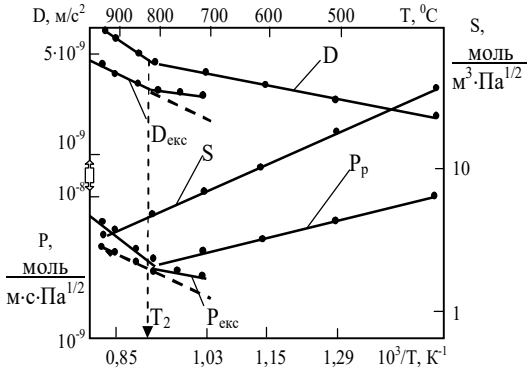


Рисунок 2. Дифузійні параметри водню у танталі.

Оскільки метали V групи поглинають водень екзотермічно, то зі зростанням температури за постійного тиску газу у їх взаємодії з воднем спостерігається кілька стадій (рис. 1): існування гідриду стехіометричного складу (до температури T_1), області співіснування гідридної β - і α - фаз (T_2) та існування лише твердого розчину водню (α - фаза). З наведених результатів та аналізу літературних даних [1] видно, що лише область температур вище T_2 є безпечним інтервалом експлуатації таких матеріалів стосовно їх гідридного окрихчення.

Нами вперше проведені дослідження водневої проникності P танталу (рис. 2). При цьому встановлено, що на обох політермах $P_{екс.}$ і $P_р$ за температури 1190 К має місце злам, який вказує на фазовий перехід від області існування гідридної фази до твердого розчину водню в металі, положення якого корелює з даними вимірювання електроопору (температура T_2 на рис. 1). Політерма $P_{екс}$ безпосередньо визначена методом проникання, а P_p розрахована на основі відомої розчинності водню S та D_p, визначеного за кінетикою зміни електроопору танталу за наводнення. Встановлено, що тантал та його сплави потребують додаткового модифікування поверхні для зменшення їх водневої проникності до екологічно безпечного рівня $P_{кр.}$.

ЛІТЕРАТУРА

1. Похмурський В.І., Федоров В.В. Вплив водню на дифузійні процеси в металах. – Львів: ФМІ НАНУ, 1998. – 207 с.

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ВОДНЕВОЇ ОБРОБКИ ДО МАГНІТОСТРИКЦІЙНИХ СПЛАВІВ НА ОСНОВІ РЗМ

Наговська І.В., Прокоп'юк В.А., Федоров В.В.
Фізико-механічний інститут ім. Г.В.Карпенка НАН України (Україна)

Відомо, що практично всі інтерметалічні сполуки на основі рідкісноземельних РЗМ(R) і 3d-перехідних металів типу R_2T_{17}, $R_2T_{14}B$, $RT_{11}Ti(Zr)$ та фаз Лавеса RT_2 (T = Fe,Co) в тій чи іншій мірі володіють так званими "гігантськими" значеннями константи магнітострикції λ. На основі проведених нами раніше досліджень встановлено, що оптимальний результат водневої обробки отримується, коли обидва компоненти сплавів є феромагнетиками. При цьому чим більше зростає температура точки Кюрі за наводнювання, тим більша величина λ. На даний час сполукою з максимальною магнітострикцією є терфенол – потрійний сплав $Tb_{0,27}Dy_{0,73}Fe_2$ (фаза Лавеса) (див. табл. 1). Але його воднева обробка в силу того, що обидва РЗМ є гідридотвірними не дає позитивного результату – температура точки Кюрі понижується до кімнатних температур. На основі аналізу отриманих результатів та літературних даних нами зроблено висновок, що найперспективнішими для застосування водневої обробки є магнітострикційні сплави та сполуки на основі РЗМ приведені у табл.1.

Таблиця 1. Вплив наводнювання на температуру точки Кюрі та константу магнітострикції деяких сплавів і сполук на основі РЗМ

Матеріал	Умови обробки	Точка Кюрі, °С	$\lambda \cdot 10^6$
Co	Вихідний зразок	1180	90
	P_{H2}=0,1 МПа, 600°С, 3 год.	1180	280
К50Ф2	Вихідний зразок	820	58
	P_{H2}=0,1 МПа, 750°С, 3 год.	820	74
Dy_2Fe_{17}	Вихідний зразок	90	540
	P_{H2}=0,1 МПа, 600°С, 3 год.	170	660
	$Dy_2Fe_{17}H_3$	245	-
	$Dy_2Fe_{17}N_{2,8}$	452	-
Y_2Fe_{17}	Вихідний зразок	68	-
	$Y_2Fe_{17}H_3$	217	-
	$Y_2Fe_{17}N_{2,8}$	467	-
Ho_2Fe_{17}	Вихідний зразок	62	-
	$Ho_2Fe_{17}H_3$	219	-
	$Ho_2Fe_{17}N_{2,1}$	436	-
$YFe_{11}Ti$	Вихідний зразок	265	-
	$YFe_{11}TiH$	323	-
$TbFe_{11}Ti$	Вихідний зразок	287	-
	$TbFe_{11}TiH$	322	-
$LuFe_{11}Ti$	Вихідний зразок	217	-
	$LuFe_{11}TiH$	272	-
$Er_2Fe_{14}B$	Вихідний зразок	280	-
	$Er_2Fe_{14}BH_{2,5}$	366	-
$Gd_2Fe_{14}B$	Вихідний зразок	390	-
	$Gd_2Fe_{14}B_{2,5}$	473	-
$Tb_{0,27}Dy_{0,73}Fe_2$ (терфенол)	Вихідний зразок	413	1080
	$Tb_{0,27}Dy_{0,73}Fe_2H_3$	15	160

* Наведені значення λ отримані за кімнатної температури.

ПРИМЕНЕНИЕ ВЫСОКОКОНЦЕНТРИРОВАННЫХ ПОТОКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ Fe И Ti

Присташ Н.С., Трегуб В.А., Сизоненко О.Н.
Институт импульсных процессов и технологий НАН Украины (Украина)

Новый подход получения карбидосталей с применением высококонцентрированных потоков энергии сводится к тому, что дисперсноупрочняющие добавки (в частности – TiC, TiB_2) не вводятся механически в порошковую смесь в качестве дополнительного компонента при смешивании порошков, как в известных методах, а образуются при их высоковольтной электроразрядной (ВЭР) обработке в результате реакционного синтеза под влиянием микроплазменных разрядов, а сохранность ультрадисперсной структуры обеспечивается в процессе консолидации методом искро-плазменного спекания (ИПС).

Цель работы – исследовать возможность применения ВЭР для активации материалов на основе смесей порошков Fe и Ti и получения карбидосталей методом ИПС.

ВЭР обработка в керосине суспензии порошков массового состава 75 % Fe – 25 % Ti, 50 % Fe – 50 % Ti, 25 % Fe – 75 % Ti и 75 % Fe – 20 % Ti – 5% B_4C проводилась в режимах, которые обеспечивают образование стехиометрических карбидов металлов Fe_3C и TiC размером от 100 до 600 нм, и позволили уменьшить средний размер частиц смесей в 4 раза.

Увеличение удельной поверхности частиц и разрушение оксидных пленок после ВЭР обработки позволило уменьшить значение удельного электрического сопротивления смесей на 2 порядка. Механическое давления в 60 МПа, применяемое при ИПС приводит к усадке порошков на 30…40% в зависимости от увеличения содержания карбидной фазы, а так же к уменьшению их удельного электрического сопротивления еще на 3 порядка. Это связано с устранением в засыпке арочных эффектов, а так же увеличением поверхности контакта между частицами вследствие их пластической деформации.

Анализ дисперсности, фазового состава и удельного электрического сопротивления порошковых смесей после ВЭР обработки позволил выбрать режим их ИПС консолидации, которая проводилась с постоянной скоростью нагрева 10 $^oC/c$ до достижения максимальной температуры 1100 ^oC и последующей изотермической выдержкой в течении 3 минут.

Среди смесей порошков системы Fe-Ti-C после ВЭР обработки наиболее высокие механические характеристики после ИПС показали образцы исходного массового состава 25 % Fe – 75 % Ti. Их прочность на изгиб составила 800 МПа, твердость 48 HRC, а потеря массы при контакте с алмазным кругом 1А1 зернистостью АС4 80/63 составила 7% массы образца на 1 км пути. Введение в смесь 5% B_4C привело к образованию в составе консолидированных образцов боридов исходных металлов, что значительно повысило их механические свойства: потеря массы составила 1,8 % (что сопоставимо с износостойкостью вольфрамсодержащей стали Р6М5 – потеря 1,4 % массы на 1 км), прочность на изгиб повысилась до 1100 МПа.

Выводы.

Установлено, что применение ВЭР для активации смесей порошков на основе Fe и Ti и ИПС для их консолидации позволяет получить материал системы Fe-Ti-C с прочностью на изгиб 800 МПа, твердостью 48 HRC и потерей массы при контакте с алмазным кругом – 7% на 1 км.

Модификация системы Fe-Ti-C карбидом бора приводит к увеличению прочности на изгиб до 1100 МПа, и уменьшению потери массы, которая составляет 1,8%, что сопоставимо с износостойкостью вольфрамсодержащей стали.

ДОСЛІДЖЕННЯ КОРОЗІЙНОЇ СТІЙКОСТІ ЕПОКСИКОМПОЗИТНИХ ТРИБОМАТЕРІАЛІВ

Садова О.Л., Кашицький В.П.
Луцький національний технічний університет (Україна)

На сьогодні однією з актуальних задач трибоматеріалознавства є необхідність створення нових зносостійких матеріалів, які працюють в агресивних середовищах.

Актуальним напрямком триботехнічного матеріалознавства є розробка композитних матеріалів на основі полімерних в'яжучих, зокрема епоксидних смол. Дані смоли мають високу адгезію до більшості матеріалів, механічну міцність та хімічну стійкість, малу усадку і водопоглинання. Введення металевих наповнювачів підвищує механічні характеристики епоксикомпозитів, однак при цьому знижується корозійна стійкість [1, 2].

В даній роботі необхідно дослідити вплив хімічного складу та вмісту дрібнодисперсних функціональних наповнювачів на корозійну стійкість епоксикомпозитів.

Для дослідження процесів поглинання та корозійної стійкості сформовано під різним тиском епоксикомпозитні матеріали (табл. 1), для яких проведено попередню та основну термічну обробку [1]. Корозійну стійкість отриманих матеріалів визначено шляхом занурення зразків у воду або гліцерин, а також 10%-ні розчини H_2SO_4, HNO_3, HCl, NaCl, NaOH. Зразки зважували до і після витримки в агресивному середовищі на аналітичних вагах марки ВЛР – 200 з точністю до 0,0001 г.

Таблиця 1. Склад та технологія формування епоксикомпозитних матеріалів

Наповнювачі	№ складу епоксикомпозитного матеріалу		
	1	2	3
	Тиск пресування, МПа		
	150	300	300
	Вміст наповнювача, мас. ч.		
CuO	100	100	150
Cu	16	16	16
вуглецеве волокно	2	2	2

Матеріал, наповнений 100 мас. ч. оксиду міді та сформований під вищим тиском формування (300 МПа), має нижчі показники водопоглинання (табл. 2), що пояснюється наявністю меншої кількості мікропор. Найнижчі значення даної характеристики спостерігається із вищим ступенем наповнення епоксисистеми (150 мас. ч. CuO). Рівень поглинання епоксикомпозитними матеріалами гліцерину має антибатну залежність відносно водопоглинання. Низьке поглинання гліцерину спостерігається для матеріалу з нижчими тиском формування та ступенем наповнення епоксисистеми, а найбільше – з вищим тиском та ступенем наповнення. Отримані результати можна пояснити тим, що гліцерин має високу в'язкість, тому відбувається його втримування в мікропорах більш щільнішого матеріалу (150 мас. ч. оксиду міді, сформованого за тиску пресування 300 МПа) за рахунок виникнення сил поверхневого натягу. Гліцерин активніше взаємодіє із твердим тілом, тому відбувається змочування епоксикомпозитного матеріалу даною речовиною. Для матеріалу з більшими розмірами мікропор (через нижчий тиск формування 150 МПа) можливе видалення гліцерину з останніх, що зменшує характеристику поглинання.

Для епоксикомпозитного матеріалу, сформованого під нижчим тиском (матеріал складу № 1), отримано кращі результати корозійної стійкості. Це можна пояснити тим, що частинки в матеріалі, сформованому під вищим тиском, розміщуються щільніше, що

збільшує площу взаємодії матеріалу із агресивним середовищем. Відповідно збільшується кількість продуктів корозії, що приводить до більшої втрати маси матеріалом.

Таблиця 2. Результати досліджень корозійної стійкості ЕКМ

№ зразка	Середовище занурення ЕКМ						
	вода	гліцерин	HNO_3	HCl	NaCl	H_2SO_4	NaOH
1	+0,240	+0,089	-1,436	-1,395	+0,289	-1,453	+0,163
2	+0,215	+0,195	-1,689	-1,559	+0,535	-1,853	+0,582
3	+0,041	+1,126					

При зануренні епоксикомпозитів в розчини кислот відбувається зниження маси зразків, що пов'язано із розчиненням і вимиванням матеріалу. Збільшення маси зразків спостерігається при їх зануренні в розчини солі (NaCl) та основи (NaOH), при цьому поверхня епоксикомпозитів покривається продуктами корозії, що призводить до збільшення маси.

Дослідження кліматичного впливу (табл. 3) показали, що полімеркомпозити під дією атмосферних умов насичуються вологою.

Таблиця 3. Вплив атмосферних умов на стійкість епоксикомпозитних матеріалів

№ зразка	Попередня термічна обробка	Зміна маси зразка, г
1	+	+0,082
2	+	+0,044
3	+	+0,041

Вищу атмосферну стійкість на 32,1% має епоксикомпозитний матеріал з вмістом 100 мас. ч. оксиду міді, що сформований під тиском 300 МПа, порівняно із тиском 150 МПа. Це можна пояснити вищим ступенем зшивання системи та наявністю меншої кількості мікропор. Найкращі показники атмосферної стійкості має матеріал з ступенем наповнення 150 мас. ч. оксиду міді, сформований під тиском 300 МПа, що на 8,9% є вищим значенням порівняно із результатами досліджень аналогічно сформованого матеріалу наповненого оксидом міді в кількості 100 мас. ч.

Проведені дослідження дозволяють зробити висновок про високу хімічну стабільність та стійкість до атмосферних впливів отриманих епоксикомпозитних матеріалів за рахунок формування щільної та стійкої структури, тому їх можна використовувати як захисні покриття у триботехнічних системах або як конструкційні елементи у вузлах тертя.

ЛІТЕРАТУРА

1. Садова О. Л. Забезпечення ефективного функціонування трибосистем при використанні полінаповнених епоксикомпозитів / О. Л. Садова, В. П. Кашицький, П. П. Савчук, О. Д. Костенко // СЕУТТО: матеріали 5-ої міжнародної науково-практичної конференції, 1-3 жовтня 2014 р. – Херсон: ХДМА, 2014. – С. 321-324.

2. Садова О. Л. Дослідження корозійної та атмосферної стійкості епоксикомпозитних трибоматеріалів / О. Л. Садова, І.В. Боярська, В.П. Кашицький // Наукові нотатки. – Луцьк, 2015. – Вип. 50. – С. 199-202.

ОСОБЛИВОСТІ ПЕРЕБІГУ ТЕРМІЧНОЇ ДЕСТРУКЦІЇ У ЕПОКСИДНИХ КОМПОЗИТАХ З ЧАСТКАМИ ФУЛЕРЕНУ C_{60}

Сапронов О.О.
Херсонська державна морська академія (Україна)

Постановка проблеми. На сьогодні значної уваги приділяють перебігу процесів, які відбуваються при нагріванні композитних матеріалів (КМ), позаяк теплофізичні властивості безпосередньо впливають на експлуатаційні характеристики виробів чи захисних покриттів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для підвищення теплофізичних властивостей КМ вводять наповнювачі різної фізико-хімічної природи, у тому числі і наночастки. При цьому дослідження структурних перетворень, які відбуваються при нагріванні КМ, неможливо без використання сучасних методів. Зважаючи на вище зазначене, дослідження процесів, які відбуваються в умовах впливу температури, є актуальним завданням сучасного полімерного матеріалознавства.

Мета роботи. Дослідити процеси термічної деструкції у епоксидних КМ з частками фулерену C_{60}.

Результати дослідження. Для формування нанокомпозитних матеріалів використано епоксидний діановий олігомер марки ЕД-20 (ГОСТ 10587-84), твердник поліетиленполіамін (ПЕПА) (ТУ 6-05-241-202-78), частки фулерену C_{60} з дисперсністю 5 нм. Дослідження проводили в діапазоні температур $T = 303…873$ К. Вміст наповнювача (C_{60}) змінювали в межах $q = 0{,}010…0{,}100$ мас.ч.

Аналіз поведінки композитів під впливом теплового поля (досліджували термічний коефіцієнт лінійного розширення) дозволяє стверджувати, що із зростанням температури ТКЛР матеріалів збільшується. Це свідчить про підвищення внутрішньої енергії досліджуваних нанокомпозитних матеріалів (НКМ) внаслідок рухливості макроланцюгів та сегментів епоксидного зв'язувача при зростанні температури.

Для дослідження поведінки КМ при підвищених температурах проведено термогравіметричний (ТГА) та диференційно-термічний (ДТА) аналіз.

Методом ТГА-аналізу встановлено, що термічна деструкція у епоксикомпозитних матеріалах, наповнених фулереном C_{60} відбувається за три етапи:

– перший етап ($T = 323…465$ К) – помітних структурних перетворень не виявлено, лише встановлено рухливість та деформацію макроланцюгів і сегментів епоксидного зв'язувача;

– другий етап ($T = 465…530$ К) – початок структурних перетворень, при якому відбувається руйнування -C-C-, -C-N-, -C-O-, -CH- зв'язків, метиленової $-CH_2-$ і метильної CH_3-C груп;

– третій етап ($T = 530…737$ К) – деструкція, при якій руйнується значна кількість груп: $-CH_2-$, епоксидних, алкінних, гідроксильних, пара бензолу.

При цьому встановлено, що найменшою відносною втратою маси $\varepsilon_m = 49{,}0…53{,}0$ % характеризуються КМ зі вмістом наночасток C_{60} $q = 0{,}025…0{,}075$ мас.ч. Це свідчить про підвищення термостійкості таких НКМ. Водночас встановлено, що максимальне значення температури піка екзоефекту – $T_{max} = 530$ К, характерно для КМ із вмістом C_{60} $q = 0{,}050$ мас.ч., що свідчить про стійкість фізико-хімічних зв'язків, а, отже, і поліпшені теплофізичні властивості розроблених матеріалів.

Висновки. На основі отриманих результатів дослідження можна стверджувати, що КМ за вмісту фулерену C_{60} $q = 0{,}050$ мас.ч. характеризується найвищою термостійкістю. Це дозволяє використовувати такі матеріали чи захисні покриття на їх основі у діапазоні температур $T = 323…465$ К.

ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРНИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ У КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛАХ, НАПОВНЕНИХ ЧАСТКАМИ ФУЛЕРЕНУ C_{60}, МЕТОДОМ ІЧ-СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛІЗУ

[1]Сапронов О.О., [1]Бень А.П., [1]Букетова Н.М., [1]Лещенко О.В., [2]Прентковскіс Олегас
[1]*Херсонська державна морська академія (Україна)*
[2]*Вільнюський університет (Литва)*

Постановка проблеми. На сьогодні досить активно досліджують і вдосконалюють технології отримання та можливості подальшого застосування нанокомпозитних матеріалів (НКМ). Водночас значної уваги приділяють дослідженню структурних особливостей НКМ при зшиванні, а також поведінки таких матеріалів під впливом зовнішніх факторів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Поєднання сучасних методів (термогравіметричний та диференційно-термічний, ІЧ-спектральний аналіз) дослідження структурних особливостей НКМ дозволяє глибше зрозуміти процеси і закономірності структуроутворення нанокомпозитів. Виходячи з цього, цікавим з наукової і практичної точки зору, є дослідження структури НКМ під впливом температури.

Мета роботи. Дослідити особливості зміни структури НКМ, наповнених фулереном C_{60}, під впливом температури.

Результати дослідження. Для формування нанокомпозитних матеріалів використано епоксидний діановий олігомер марки ЕД-20 (ГОСТ 10587-84), твердник поліетиленполіамін (ПЕПА) (ТУ 6-05-241-202-78), частки фулерену C_{60} з дисперсністю 5 нм.

ІЧ-спектральний аналіз нанокомпозитів проводили на різних етапах термічної деструкції. Доцільним вважали проведення ІЧ-спектрального аналізу НКМ за вмісту C_{60} q = 0,050 мас.ч. при початковій (T_0) і кінцевій температурах втрати маси ($T_к$). Паралельно проводили дослідження процесів при початковій температурі (T_n) і максимальному значенні екзотермічного ефекту (T_{max}). Реєстрацію і аналіз спектрів проводили поетапно при зростанні температури. Аналіз ІЧ-спектру НКМ (ν = 559,36 см$^{-1}$) при T_n дозволив виявити незначні зменшення параметрів інтенсивності пропускання (T), напівширини (b) і відносної величини площі (S) відносно вихідного матеріалу (НКМ із вмістом C_{60} q = 0,050 мас.ч.). Незначні зміщення смуг поглинання і зменшення параметрів T, b, S у діапазонах хвильових чисел ν = 837,11…1469,76 см$^{-1}$, 1612,49…3475,73 см$^{-1}$ свідчать про рухливість та деформацію макроланцюгів і сегментів епоксидного зв'язувача.

Аналіз ІЧ-спектру НКМ (T_{max}) при ν = 582,50 см$^{-1}$ дозволив виявити значне зменшення параметрів T, b, S, що характерно для початку руйнування -CH_2-груп і пара бензолу. Окрім зазначених вище структурних перетворень виявлено відсутність смуги поглинання ν = 956,69 см$^{-1}$, що свідчить про руйнування зв'язків -C-C-, -C-N-, -C-O-.

Встановлено, що окрім попередньо зазначених структурних перетворень при T_0 виявлено подальше зменшення інтенсивності пропускання, напівширини і відносної величини площі піків у діапазоні хвильових чисел ν = 574,79…3441,01 см$^{-1}$. При цьому руйнування додаткових фізичних і хімічних зв'язків іншої природи не виявлено.

Відсутність смуги поглинання при хвильовому числі ν = 559,36 см$^{-1}$ свідчить про руйнування -CH_2-груп і пара бензолу ($T_к$). Додатково виявлено руйнування епоксидних та алкінних груп -C≡C-H у діапазоні хвильових чисел ν = 1759,08…2063,83 см$^{-1}$, що свідчить про завершення деструкції

Висновки. На основі проведеного ІЧ-спектрального аналізу розроблених нанокомпозитів встановлено температурні діапазони, при яких відбуваються структурні перетворення. Це дає можливість використовувати розроблені нанокомпозити чи захисні покриття із врахуванням перемінних температур.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЗНОСОСТІЙКИХ ПЛАЗМОВО-НАПИЛЕНИХ ПОКРИТТІВ З ПОРОШКІВ ОКСИДІВ ТА САМОФЛЮСІВНИХ СПЛАВІВ

[1]Смирнов І.В., [2]Долгов М.А., [2]Заїчко К.В.
[1]*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут» (Україна)*
[2]*Інститут проблем міцності імені Г.С. Писаренка НАНУ (Україна)*

Зносостійкі плазмово-напилені покриття широко використовуються в різних галузях машинобудування. У роботі досліджено керамічні та композиційні покриття на основі нікелевих самофлюсівних сплавів, які наносили методом плазмового напилення. Визначено вплив на характеристики зносостійкості та міцності різних складів порошків та процесів їх отримання.

Для проведення експериментальних досліджень було напилено покриття із порошків чистого та плакованого металевими (Ti, Al) тонкими PVD плівками оксиду алюмінію, а також композиційного самофлюсівного порошку NiCrFeBSi з додаванням 0,5…1,0 мас.% нанодисперсного Al_2O_3 (фракцією 40…50 нм). Плакування порошків Al_2O_3 здійснювали на вакуумно-дуговій установці, яка обладнана спеціально розробленим вібраційним пристроєм для їх перемішування [1].

Було доведено, що застосування нанодисперсного порошку оксиду алюмінію в поєднанні з частинками крупної фракції призводить до формування неоднорідної структури покриття, що, у свою чергу, спричиняє погіршення механічних властивостей покриття. Для досягнення однорідної мікроструктури покриттів додатково проводили процес оплавлення.

Для отриманих покриттів досліджували зносостійкість, мікротвердість, міцність зчеплення на відрив та залишкові напруження (табл. 1). Більш детально експериментальні дослідження описано в роботі [2].

Таблиця 1. Характеристики зносостійкості та міцності покриттів

Варіант	Матеріал покриття	Порошок для напилення	Відносна зносо-стійкість	Мікро-твер-дість, ГПа	Міцність зчеплення, МПа	Залишкові напруження, МПа
1	Al_2O_3	керамічний	1	9,7	16	–26
2	Al_2O_3/Ti/Al	керамічне ядро з двошаровою PVD плівкою Ti та Al	6,3	11,3	37	–17
3	NiCrFeBSi	самофлюсівний сплав на основі Ni	2,1	3,1	53	83
4	NiCrFeBSi+Al_2O_3	композиція – самофлюсівний сплав з додаванням нанопорошку Al_2O_3	3,9	4,3	58	67

Модифікування плазмово-напилених покриттів із застосуванням плакованих керамічних порошків із оболонками з таких металів як титан і алюміній сприяє формуванню щільних покриттів, зниженню залишкових напружень та підвищенню характеристик міцності. Додавання до складу самофлюсівних порошків нанодисперсного оксиду алюмінію також призводить до підвищення зносостійкості, міцності зчеплення та зменшення залишкових напружень.

Висновки. Було запропоновано критерій вибору матеріалу покриття. Для вибору кращого покриття створено матрицю прийняття рішень. Проведено нормування експериментальних даних для подальшого використання у матриці прийняття рішень у безрозмірних одиницях. Ранжування альтернативних варіантів для матеріалів покриттів має такий видгляд 2–4–3–1. Зроблено висновок, що краще покриття отримано із плакованого порошку Al_2O_3/Ti/Al. Найгіршим є покриття із Al_2O_3, хоча воно має досить велику мікротвердість та невеликий рівень залишкових напружень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пат. № 89851 України, МПК (2014) B22F1/00 Пристрій для плакування порошків у вакуумі / Смирнов І.В., Селіверстов І.А., Чорний А.В., Ковальчук В.Ю.; заявл. 31.12.2013; опубл. 25.04.2014, Бюл. № 8.

2. Смирнов І.В. Модифікування плазмово-напилених покриттів застосуванням плакованих та нанодисперсних порошків/ І.В. Смирнов, М.А. Долгов, А.В. Черний та інш. // Міжвузівський збірник «Наукові нотатки». – Луцьк, 2015. – Вип. 51. – С. 199 – 204.

НОВЫЙ ГИБРИДНЫЙ СВЕРХТВЕРДЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ БУРОВОГО ИНСТРУМЕНТА

Соколов А.Н., Шульженко А.А., Гаргин В.Г., Богданов Р.К., Закора А.П., Супрун М.В.
Институт сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины (Украина)

Поликристаллические алмазные материалы, созданные как альтернатива природным и синтетическим монокристаллическим алмазам, имеют два генезиса происхождения: полученные путем синтеза с использованием техники высоких давлений (High pressure and heat temperature – сокращенно HPHT) и химическим осаждением из газовой фазы (chemical vapor deposition – сокращенно CVD). В работе [1] было предложено объединить оба метода получения и, благодаря совмещению высокой твердости CVD алмаза со способностью создавать высокопрочную матрицу на связях алмаз-алмаз методом HPHT, был разработан качественно новый композиционный алмазный поликристаллический материал инструментального назначения [2].

Указанный подход оказался эффективным при совершенствовании рабочих элементов на основе алмаза для бурового инструмента, в частности, алмазно-твердосплавной пластин (АТП) [3]. Пластины такого типа представляет собой полученное в условиях высоких давлений и температур неразъемное соединение алмазного поликристаллического слоя, имеющего высокую износостойкость и твердость, с твердосплавной подложкой. Для уменьшения износа режущей кромки АТП была предложена конструкция гибридной АТП (рис. 1), в которой благодаря выбору компонентов алмазного слоя с различной твердостью и трещиностойкостью и их расположения в поликристаллическом слое обеспечивается повышение ее износостойкости и скорости бурения.

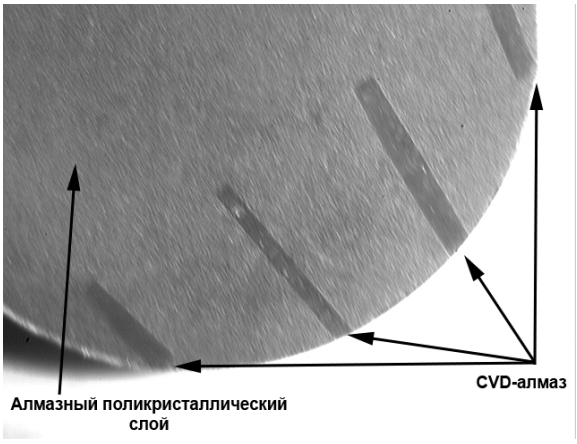


Рисунок 1. Гибридная алмазно-твердосплавная пластина

Экспериментально было установлено [4], что износостойкость пластин CVD-алмаза в алмазном поликристаллическом слое АТП зависит не только от геометрических размеров пластины, но в большей мере от ее структуры и физико-механических свойств, а также от свойств алмазного поликристаллического слоя. В частности, наиболее высокой износостойкостью обладают пластины CVD-алмаза с явно выраженной столбчатой структурой. Поэтому для изготовления гибридной АТП предпочтительно использовать пластины CVD-алмаза с такого типа структурой.

Спекание гибридных алмазно-твердосплавных пластин осуществляли в аппарате высокого давления типа «тороид» при давлении 7,7 ГПа и температуре ~1800 °С.

Для испытания работоспособности была разработана конструкция [5] и изготовлена шестирезцовая буровая коронка типа БП-24 диаметром 76 мм, оснащенная гибридными АТП, установленными под отрицательным углом резания 20° (рис. 2, *а*).

а б

Рисунок 2. Шестирезцовая буровая коронка типа БП-24 диаметром 76 мм, оснащенная гибридными АТП: а – общий вид буровой коронки, оснащенной гибридными АТП; б – последовательное чередование гибридных АТП

Гибридные АТП, используемые в данной конструкции коронки, были оснащены двумя и тремя элементами CVD-алмаза и для полного перекрытия забоя при бурении их последовательно чередовали при закреплении в корпусе коронки (рис. 2, *б*).

В результате сравнительных лабораторных испытаний установлено, что механическая скорость бурения коронками типа БП-24 повышается до 15,5% по сравнению с коронками типа БП-02, оснащенными стандартными АТП и также установленными под отрицательным углом резания 20°. При этом их износ по высоте меньше износа коронок типа БП-02 от 9 до 21% в зависимости от параметров режима бурения.

При бурении скважин в песчанике коронками, оснащенными гибридными АТП, образуется более крупный шлам по сравнению с коронками, оснащенными серийными АТП, что, как было ранее показано [6], свидетельствуют о более эффективном разрушении породы буровыми коронками типа БП-24, оснащенными гибридными АТП.

ЛИТЕРАТУРА

1. Новый гибридный ультратвердый материал / А. А. Шульженко, Е. Е. Ашкинази, А. Н. Соколов и др. // Сверхтвердые материалы. – 2010. – № 5. – С. 3–14.

2. Патент № 89732 Україна МПК CO4 B 35/00. Надтвердий матеріал / О. О. Шульженко, О. М. Соколов, В. Г. Гаргін та інш. – Опубл. 25.02.10, Бюл. № 4.

3. Патент № 107698 Україна МПК B22F 7/04 (2006.01), B22F 3/15 (2006.01), B24D 3/04 (2006.01), B32B 5/16 (2006.01), C23C 24/00. Алмазно-твердосплавна пластина / М. В. Новіков, О. О. Шульженко, В. Г. Гаргін та ін. – Опубл. 10.02.15, Бюл. № 3.

4. Гибридные алмазно-твердосплавные пластины (АТП). Исследование напряженно-деформированного состояния каркаса матрицы и CVD алмазной компоненты методом Рамановской спектроскопии / А. А. Шульженко, Е. Е. Ашкинази, А. Н. Соколов, и др. // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника, технология его изготовления и применения. Вып. 18. – К.: ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины, 2015. – С. 310–316.

5. Пат. №104239 Україна МПК E21B 10/46. Бурова коронка / Р. К. Богданов, А. П. Закора, О. О. Шульженко та ін. – Опубл. 10.01.2014, Бюл. № 1.

6. Сверхтвердые материалы в геологоразведочном бурении : Монография / П. В. Зыбинский, Р. К. Богданов, А. П. Закора, А. М. Исонкин. – Донецк: Норд-Пресс, 2007. – 244 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ РУЙНІВНОГО НАПРУЖЕННЯ ТА МОДУЛЯ ПРУЖНОСТІ ПРИ ЗГИНАННІ ВІД ВПЛИВУ НАДВИСОКОЧАСТОТНОГО ТА ТЕПЛОВОГО ПОЛІВ

Стухляк П.Д., Голотенко О.С., Золотий Р.З.
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)

Вступ. Відомо, що фізико-механічні властивості композитних матеріалів можна регулювати різними способами, серед яких: введення в матрицю наповнювачів різної природи та дисперсності, зміна температурно-часових параметрів при формуванні композиту, оброблення зовнішніми енергетичними полями [1, 2]. Тому цікавим було дослідити вплив тривалості надвисокочастотної (НВЧ) обробки на міцнісні характеристики КМ, оскільки при такому обробленні змінюються параметри структури, ступінь зшивання, а також час і термічні умови тверднення.

Методика досліджень. Об'єктом дослідження вибрано епоксидний олігомер марки ЕД-20 (ГОСТ 10587-84). Для зшивання використано низькомолекулярну речовину поліетиленполіамін (ПЕПА) (ТУ 6-05-241-202-78). Як пластифікатор використано полідіетилакрилат (ПДЕА-4). В якості наповнювачів використовували грубодисперсні частки (лускатий графіт, SiC, B4C). Оброблення композиції проводилося на попередній стадії до введення твердника. НВЧ активацію пластифікованого зв'язувача і епоксидних композицій проводили за допомогою НВЧ випромінювача з частотою $f = 2450$ МГц при довжині хвилі 0,1225 м, робоча напруга – 220 В, частота струму 50 Гц. Тривалість опромінення композицій (без твердника) становила t=30 с : t=120 с. Наважка опромінених композицій становила $m = 200 \pm 10$ г. Опромінювали композиції у тонкому шарі з товщиною $h = 25…30$ мм. Температура середовища котрої дотримувалися при термічній обробці композиції відповідала температурі композиції після НВЧ обробки, і складала $T = 331…457$ К в залежності від вмісту, природи наповнювача та тривалості оброблення, котрої досягали в духовій печі.

Обговорення результатів. Під час оброблення композицій НВЧ полем відбувався додатковий їх нагрів, що може впливати на швидкість проходження хімічних реакцій, зміну хімічного складу зв'язувача і як наслідок може на характеристики матеріалу. Тому цікавим з наукової точки зору є дослідження впливу додаткового нагріву композицій під час їх оброблення у НВЧ полі надвисокої частоти на властивості матеріалу на їх основі.

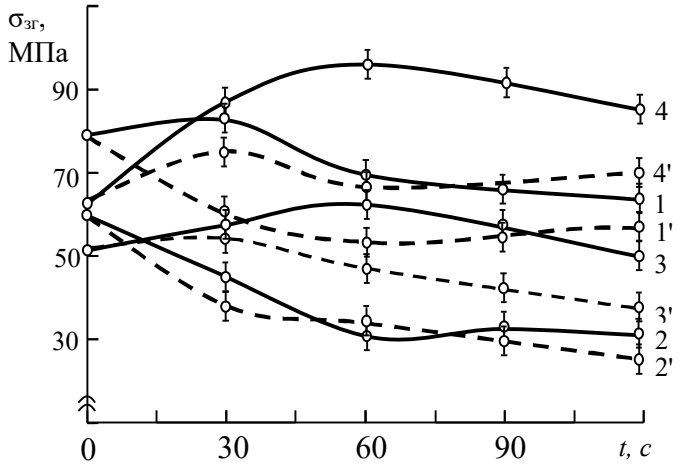


Рис. 1. Залежність руйнівного напруження при згинанні КМ ($\sigma_{зг}$) від тривалості обробки НВЧ полем та тепловим полем (дисперсність часток – 63 мкм, q = 30 мас.ч.): 1, 1' – епоксидна матриця; 2, 2' – лускатий графіт; 3, 3' – B4C; 4, 4' – SiC.
НВЧ поле;
теплове поле.

Для перевірки впливу додаткового нагріву композицій, ми порівнювали результати випробувань зразків зшитих після дії НВЧ поля із зразками, що зшивалися без обробки ($T = 295 \pm 2$ К) та із зразками, котрі зшивалися після термічної обробки.

Аналізуючи результати проведених випробувань руйнівного напруження та модуля пружності при згинанні (рис. 1 - 2) можна констатувати, що руйнівне напруження при згинанні ($\sigma_{зг}$) необробленої пластифікованої епоксидної матриці становить $\sigma_{зг} = 79{,}8$ МПа, а модуль пружності відповідає значенню $E = 3{,}99$ ГПа. Оброблення епоксидної

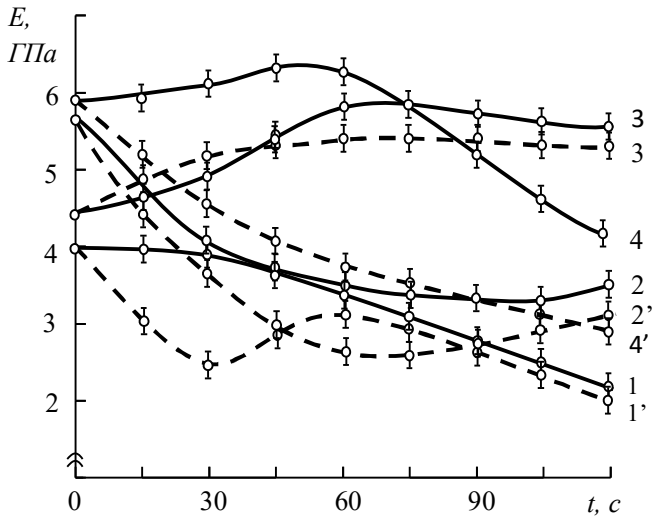


Рис. 2. Залежність модуля пружності при згинанні КМ (Е) від тривалості обробки НВЧ полем та тепловим полем (дисперсність часток – 63 мкм, q = 30 мас.ч.): 1, 1’ – епоксидна матриця; 2, 2’ – лускатий графіт; 3, 3’ – B4C; 4, 4’ – SiC.
НВЧ ЕМ поле;
теплове поле.

матриці НВЧ полем призводить до незначного підвищення показників руйнівного напруження при згинанні і модуля пружності при згинанні після обробки протягом 30 с (на 2% і 3% відповідно). Подальша обробка призводить до монотонного зниження показників як руйнівного напруження при згинанні так і модуля пружності із $\sigma_{зг}$ = 79,8 МПа (без обробки) до $\sigma_{зг}$ = 63,5 МПа і з E = 3,99 ГПа до E = 2,24 ГПа (120 с обробка) відповідно. Термічна обробка епоксидного зв’язувача не призводить до покращення результатів, в порівнянні з НВЧ обробкою, про що свідчить зменшення модуля пружності при згинанні до значення $\sigma_{зг}$ =60,8 МПа при температурі, котра досягається 30-ти секундною НВЧ обробкою. Модуль пружності після термічної обробки зв’язувача монотонно знижується на 9…57% і досягає мінімального значення E = 2,54 ГПа при температурі, еквівалентній 30 с НВЧ обробці.

Аналізуючи результати випробувань зразків із грубо дисперсними частками, можемо стверджувати, що НВЧ обробка впродовж 60 с сприяє підвищенню руйнівного напруження при згинанні КМ із SiC на 50% із $\sigma_{зг}$ = 61,6 МПа до $\sigma_{зг}$ = 92,4 МПа при зростанні модуля пружності при згинанні до Е = 6,38 ГПа. Термічна обробка матеріалів із SiC покращує руйнівне напруження при згинанні на 19% порівняно з необробленим матеріалом. Додавання у зв’язувач B_4C, дозволяє максимально підвищити руйнівне напруження при згинанні після НВЧ обробки (60 с) із $\sigma_{зг}$ = 50,7 МПа до $\sigma_{зг}$ = 61,2 МПа та модуль пружності при згинанні із $\sigma_{зг}$ = 4,41 ГПа до $\sigma_{зг}$ = 5,89 ГПа. Використання в якості наповнювача лускатого графіту з подальшою НВЧ обробкою призводить до різкого зниження руйнівного напруження при згинанні із із $\sigma_{зг}$ = 58,1 МПа до $\sigma_{зг}$ = 30,4 МПа та модуля пружності при згинанні із із $\sigma_{зг}$ = 5,74 ГПа до $\sigma_{зг}$ = 3,6 ГПа, що можна пояснити малою питомою площею поверхні наповнювача, діамагнітною природою лускатого графіту, внаслідок чого утворюються навколо часток поверхневі шари з дефектною. Термічна обробка також негативно впливає на досліджувані характеристики КМ із лускатим графітом.

Висновки. Аналізуючи отримані результати можемо стверджувати, що нагрівання композицій без дії НВЧ поля не приводить до покращення показників руйнівного напруження та модуля пружності при згинанні незалежно від природи наповнювача, що свідчить про суттєвий вплив НВЧ-обробки на фізико-механічні властивості КМ.

ЛІТЕРАТУРА

1. Калганова С.Г. Влияние СВЧ воздействия электромагнитного поля на кинетику отверждения эпоксидной смолы / С.Г. Калганова // Вестник СГТУ. 2006. №1(10). Вып. 1. С. 90-96.

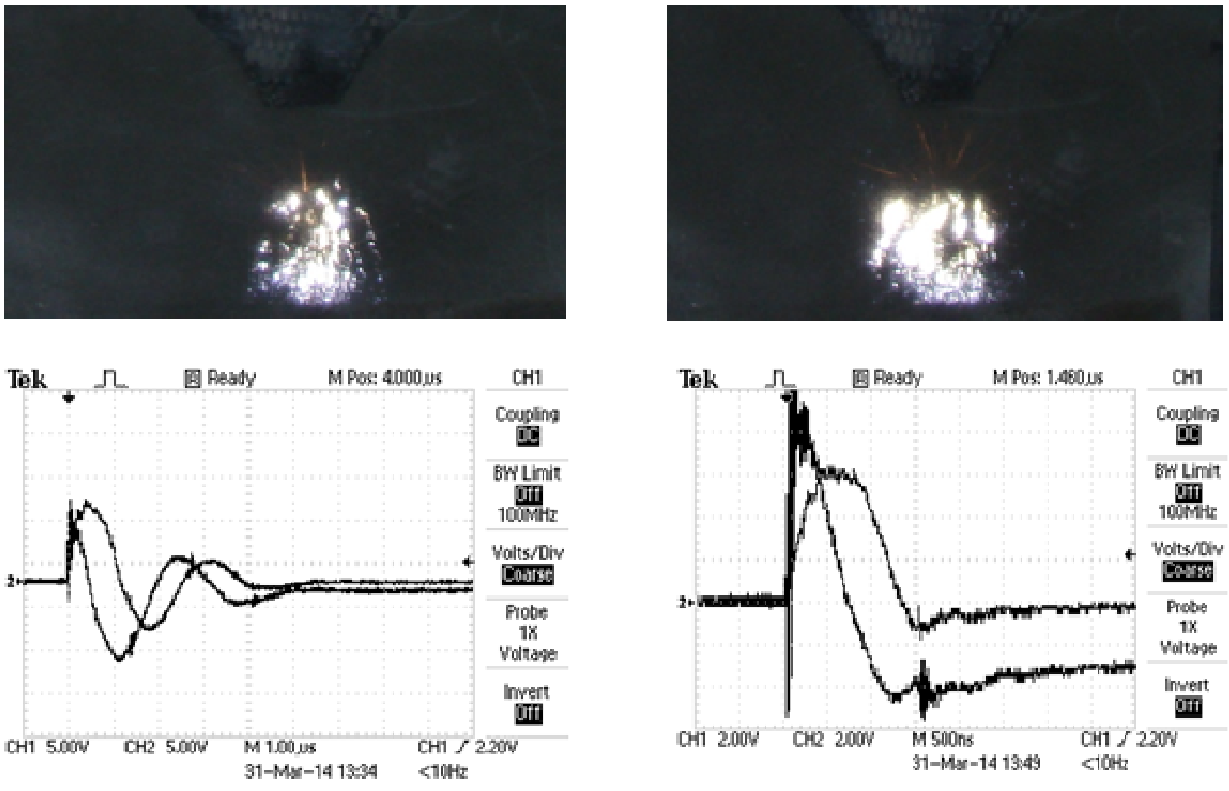
2. Влияние электромагнитных волн сверхвысокочастотного диапазона на адгезионную способность полимерных материалов / [И.Р. Кузеев, И.Г. Ибрагимов, Е.М. Абакачева, К.А Киреев] // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». - 2011. - №6. - С. 452-457.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ВЫСОКОВОЛЬТНОЙ ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНОЙ ОБРАБОТКЕ ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ «МЕТАЛЛИЧЕСКИЙ ПОРОШОК-КЕРОСИН»

Трегуб В.А., Сизоненко О.Н., Присташ Н.С.
Институт импульсных процессов и технологий НАН Украины (Украина)

Традиционная схема подготовки шихты для получения карбидосталей является многостадийным и трудоёмким процессом [1]. Высоковольтная электроразрядная (ВЭР) обработка позволяет заменить такие этапы подготовки шихты, как приготовление лигатуры – перемешивание порошков, формирование прессовки, реакционное спекание, и размол в мельнице [2-4]. Однако для дальнейшего развития технологии требуется детальное изучение совокупности физических процессов протекающих при высоковольтном разряде в гетерогенной среде.

В работе выполнено теоретическое исследование физических явлений, протекающих на предпробойной стадии разряда, выявлены основные факторы и зависимости временных характеристик данных процессов от начальных условий. Теоретически исследовано влияние конструкции электродной системы на распределение напряженности электрического поля в объеме реактора и обоснован выбор электродной системы.



а б

Рисунок 1. Интегральные снимки и осциллограммы разрядов в дисперсной системе «порошок титана в керосине». ($W_{ед}$=90 Дж, $d_{ср}$ =100 мкм):
а – 50-ый импульс, б – 100-ый импульс.

В результате проведенногофизического моделирования ВЭР-обработки дисперсной системы «металлический порошок – керосин» (рис. 1), экспериментально изучено влияние фазового состава и морфометрических характеристик исходного порошка на

распределение плазменных образований в объеме разрядной камеры. Также было изучено влияние электрических, энергетических и временных характеристик ВЭР обработки на морфометрические характеристики и фазовый состав получаемой смеси порошков.

Выводы. Проведенные исследования позволили существенно расширить представление о совокупности физических явлений протекающих при ВЭР обработке и сформулировать рекомендации по технологическим приемам подготовки порошковой шихты для дальнейшей консолидации.

ЛІТЕРАТУРА

1. Степанчук, А.Н.Технология порошковой металлургии / А.Н. Степанчук, И.И. Билык, П.А. Бойко. – К.: Вища школа, 1989. - 415 с.

2. Сизоненко О.Н. Влияние электроразрядного воздействия на композицію порошков Fe-Ti-B4C / О.Н. Сизоненко, Г.А. Баглюк, А.А. Мамонова, Э.И. Тафтай, А.С. Торпаков, А.А. Жданов, А.Д. Зайченко, Е.В. Липян // Наукові нотатки. Міжвузівський збірник. Вип. 31 (червень) – Луцьк, 2011-, С.333 - 343.

3. High voltage electric discharge in liquid as a method of preparation of blend for carbide steels / O. N. Sizonenko, E. G. Grigoriev, A. D. Zaichenko et al. // International virtual journal for science, technics and innovations for the industry «Machines, Technologies, Materials». – 2013. – Year VII, Issue 10. – P. 19 - 22.

4. Сизоненко О.Н. Влияние высоковольтного электрического разряда на изменение композиции поверхности дисперсных порошков 60Fe40TiC и свойств спеченных материалов / О.Н. Сизоненко [и др.] // Вестник национального технического университета «ХПИ». Сборник научных трудов. Тематический выпуск №39 «Техника и электрофизика высоких напряжений» – Харьков, 2009 – С.177 - 184.

ИССЛЕДОВАНИЕ АДГЕЗИОННЫХ СВОЙСТВ ПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ

[1]Селиверстов И.А., [2]Троцан Г.Н.
[1]*Херсонский национальный технический университет (Украина)*
[2]*Херсонская государственная морская академия (Украина)*

Введение. Нанесение плазменных покрытий на детали машин, механизмов, устройств и сооружений способствует повышению функциональных свойств поверхностей, взаимодействующих с другими деталями, веществами и потоками энергии. При этом немаловажным является замена дорогостоящих материалов для покрытия, более дешевыми, а дефицитные материалы – общедоступными [1].

В связи с этим в ряде работ прослеживается тенденция эффективного применения дешевых и доступных материалов, таких как Fe, Al, Cr, Mn и других.

Как известно плазменному методу напыления наряду с явными преимуществами присущи некоторые недостатки: повышенное окисление металла, наличие пористости, недостаточная прочность сцепления покрытия с основой, осовенно покрытий на основе Fe, охлаждение распыляющим сжатым воздухом расплавленных частиц металла, наличия остаточных внутренних напряжений [2]. И вместе с тем повышенное тепловыделение при нанесении слоев большой толщины искажает геометрию восстанавливаемой детали и снижает ее ресурс.

Цель работы – подобрать наилучший состав исходного порошкового материала и определить прочность сцепления покрытий на основе компонентов Fe и Al с целью определения более высоких адгезионных связей.

Результаты испытаний. Для получения покрытий выбрано три состава исходных порошков одинаковой фракции 63 мкм: интерметалид Fe_3Al, механическая смесь Fe28Al5Cr (29% Fe, 5% Cr, остальное Al) и механическая смесь порошка ПЖ1 и Al в соотношении 70% и 30% соответственно. Исходные порошки наносились на преварительно подготовленную стальную основу. Испытания проводили на разрывной машине УМ-5, согласно ГОСТу 14760-69 при скорости нагрузки υ = 10 Н/с, измеряя разрушающее напряжение при равномерном отрыве пары склеенных образцов («метод грибков»). Диаметр рабочей части стальных образцов d = 25мм. Испытания проводили для покрытий толщиной h=200мкм и h=350мкм. Результаты проведенных испытаний приведены в табл. 1.

Таблица 1. Прочность сцепления покрытий

Толщина покрытия	Испытуемые порошки		
	Fe_3Al	Fe28Al5Cr	ПЖ+Al (70+30)%
h=200мкм	25,5	19,6	16,3
h=350мкм	23,6	18,6	16,6

Проанализировав результаты проведенных испытаний, установлено следующее: наилучшими механическими свойствами на разрыв обладает покрытие на основе Fe_3Al с толщиной нанесенного слоя 200мкм.

Выводы. Анализ проведенных исследований показывает, что наибольшей адгезионной прочностью обладает покрытие на основе порошка Fe_3Al, но оно является более дорогим, по сравнению с покрытием из порошка на основе ПЖ+Al, которое схоже по адгезионным свойствам. Структура и фазовый состав порошка ПЖ+Al требует проведения дальнейших экспериментов с помощью микромеханических испытаний.

ІНГІБУВАННЯ КОРОЗІЇ ДЮРАЛЮМІНІЮ ФОСФАТНО- НІТРАТНОЮ КОМПОЗИЦІЄЮ ЗА МЕХАНІЧНОЇ АКТИВАЦІЇ ЙОГО ПОВЕРХНІ

Хлопик О.П., Зінь І.М.
Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України (Україна)

Сплави системи Al –Cu – Mg – дюралюміни знайшли широке застосування в різних галузях машинобудування. У звичайних умовах поверхня дюралюмінію покрита корозійностійкою оксидною плівкою [1]. Проте, у випадку механічного руйнування такої плівки відкривається ювенільна поверхня, яка активно взаємодіє з водним середовищем. За таких умов алюмінієвий сплав пришвидшено кородує [2-4]. Одним з найбільш поширених методів захисту металів від корозійно-механічного руйнування є застосування інгібіторів, використання яких дозволяє уповільнити корозійні процеси не погіршуючи при цьому фрикційних характеристик контактної пари. Для цього часто суміщають декілька інгібіторів різної природи з метою одержання максимального захисту металу за рахунок ефекту синергізму [5, 6].

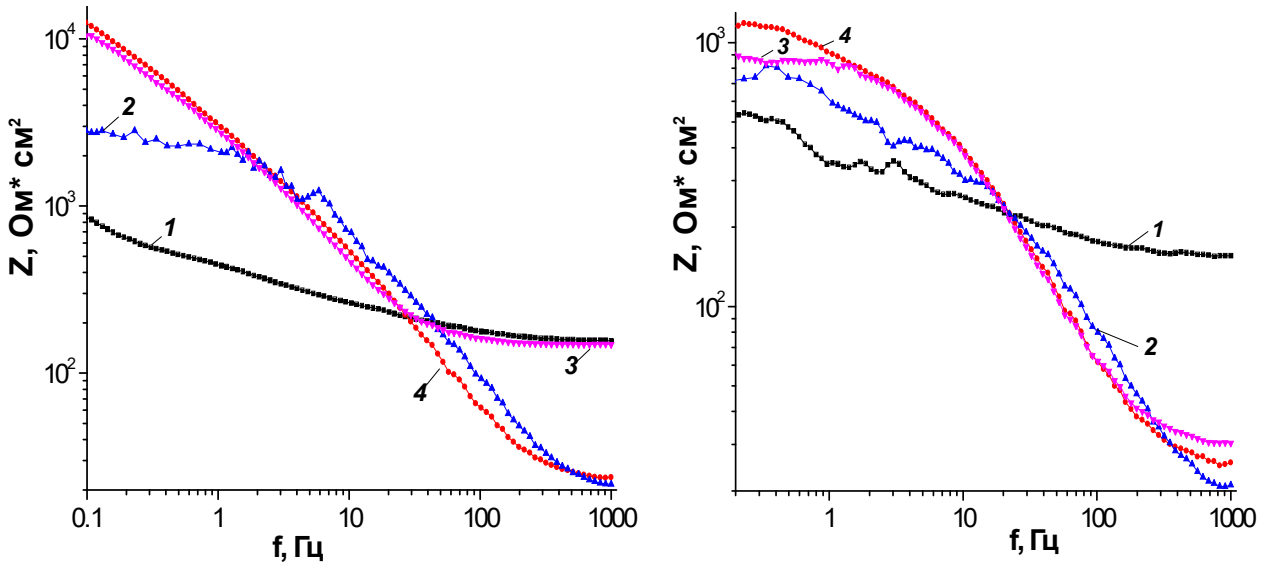
Метою роботи було дослідити вплив синергічної композиції на основі фосфатного та нітратного інгібіторів на корозійно-механічне зношування алюмінієвого сплаву.

Досліджували зразки сплаву Д16Т (ГОСТ 4784-97) за механічної активації їх поверхні в корозивному середовищі на установці однонапрямленого руху за схемою тертя «кулька-площина». Загальне навантаження на кульку становило 1 Н, швидкість ковзання індентора по поверхні зразка – 4,5 м/хв. Діаметр зразків становив 50 мм, товщина – 5 мм. Поверхню зразків послідовно шліфували дрібнодисперсним абразивним папером, доводячи до дзеркального блиску за допомогою алмазної пасти та знежирювали ацетоном.

Захисні властивості пасивних плівок, утворених на сплаві Д16Т в інгібованих розчинах до та під час механічної активації вивчали методом електрохімічної імпедансної спектроскопії за потенціалу відкритого кола, застосовуючи потенціостат-аналізатор частотного відклику Gill AC. Як корозивне середовище використовували синтетичний кислий дощ (3,18 мг/л H_2SO_4 + 4,62 мг/л $(NH_4)_2SO_4$ + 3,20 мг/л Na_2SO_4 + 1,58 мг/л /l HNO_3 + 2,13 мг/л $NaNO_3$ +8,48 мг/л NaCl) з pH 4,5. У якості інгібіторів корозії використовували кальцію фосфат, натрію нітрат та їх композиції. Концентрація інгібіторів в корозивному розчині становила 1 г/л. Всі розчини перемішували на магнітній мішалці та витримували 24 год за кімнатної температури. Після цього їх фільтрували, щоб усунути нерозчинну фракцію.

На рис. 1 наведено дані частотних залежностей модуля імпедансу металу в електролітичному середовищі. Показано, що у ненавантаженому стані найменша корозійна стійкість сплаву Д16Т спостерігається в неінгібованому кислому дощовому розчині (рис. 1, а). Тут модуль імпедансу сплаву Z мало залежить від частоти змінного струму, а його значення при 0,1 Гц є найменшим з усіх середовищ. Після додавання в дощовий розчин 1 г/л натрію нітрату або кальцію фосфату опір переносу заряду зростає і становить $4{,}5\cdot10^3$ та $1\cdot10^4$ Ом·см^2 відповідно. У випадку композиції фосфатного та нітратного інгібіторів опір переносу заряду дюралюмінію максимальний і досягає рівня $1{,}5\cdot10^4$ Ом·см^2, що вказує на синергічний захисний ефект, так як інгібувальні ефективності окремо взятих кальцію фосфату та натрію нітрату є значно нижчими.

При прикладенні до поверхні алюмінієвого сплаву циклічного активаційного навантаження його імпедансні залежності у низько частотній частині набувають горизонтального спрямування (рис. 1, б). Це може свідчити про появу на поверхні зразка в районі треку зношування ділянок ювенільної поверхні металу. Однак, значення імпедансу Z за 0,1 Гц для сплаву Д16Т в кислому дощі, інгібованому сумішшю кальцію фосфату та натрію нітрату (крива 4), є значно вищим ніж в інших розчинах, що вказує на швидке відновлення на поверхні металу після механічної активації пасивної плівки з підвищеними захисними властивостями.



а) б)

Рисунок 1. Імпедансні діаграми Боде алюмінієвого сплаву Д16Т ненавантаженому стані (а) та під час його трибокорозійного навантаження (б) в 1 – кислому дощовому розчині і з витяжками: 2 – натрію нітрату; 3 – кальцію фосфату; 4 – кальцію фосфату та натрію нітрату (1:1).

Ймовірно, що в корозивному розчині нітрат-іони створюють умови для формування на механічно активованій поверхні алюмінію товстішої оксидної плівки із наступним осадженням фосфат іонів на електрохімічно активних ділянках дюралюмінієвого сплаву При рівному співвідношенні ці обидва інгібітори істотно підсилюють дію один одного, спричиняючи синергічний протикорозійний ефект

Висновки. Встановлено високу протикорозійну ефективність композиції на основі кальцію фосфату та натрію нітрату за умов циклічної механічної активації поверхні сплаву Д16Т в середовищі кислого дощу. Така інгібувальна композиція може бути перспективною для захисту від руйнування поверхні виробів і конструкцій з алюмінієвих сплавів, що працюють в умовах трибокорозії.

ЛІТЕРАТУРА

1. Герасимов В.В. Коррозия алюминия и его сплавов // М.: Металлургия, 1967. – 113 с.

2. Lyer K. Et al Contribution of fretting to the fatigue and corrosion deterioration of a riveted lap joint //Struct. Integ. Ageing Aircraft, ASME 47 – 1995.– P. 35-61.

3. Mischler S., Debaud S., Landolt D. Wear-accelerated corrosion of passive metals in tribocorrosion systems // Journal of the Electrochemical. Society. – 1998. – V.145, N 3. – P.750-758.

4. Landolt D., Mischler S. Tribocorrosion of Passive Metals and Alloys // Woodhead Publishing Cambridge UK. – 2011. – 584 p.

5. Al-Borno A., Islam M., Haleem R. Synergistic Effects Observed in Nitrite—Inorganic Phosphate Inhibitor Blends // Corrosion. – 1990. - Vol. 45, Issue 12. – P. 990-995.

6. Al-Borno A., Islam M., Khraishi R. Multicomponent Corrosion Inhibitor System for Recirculating Cooling Water Systems Based on Nitrite, Molybdate, and Inorganic Phosphate // Corrosion. – 1989. – Vol.45, No. 12. – P.970-975.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ТРИБОСОПРЯЖЕНИЙ СУДОВЫХ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОЙ ОБРАБОТКОЙ ГАЗОТЕРМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

Черновол М. И., Ворона Т. В., Аулин В.В.
Кировоградский национальный технический университет (Украина)

Введение. Ресурс деталей судовых машин и механизмов (СММ) обусловлен износостойкостью деталей, которая является важной эксплуатационной характеристикой, лимитирующей срок их службы. В результате износа изменяются свойства деталей, силы трения, увеличиваются зазоры, нарушается герметичность. Наиболее рациональным и экономически целесообразным решением проблемы, которая связана с повышения износостойкости деталей СММ, является нанесение на их рабочие поверхности износостойких покрытий. В отечественном судостроении и судоремонте изготовление деталей с износостойкими покрытиями ограниченно, что является одной из причин их недостаточного ресурса. Поэтому разработка эффективных способов изготовления деталей со стальными покрытиями повышенной износостойкости - одна из важнейших народнохозяйственных задач судостроения и судоремонта.

Актуальность исследований. Наиболее перспективным методом повышения износостойкости деталей СММ является формирование на их рабочих поверхностях износостойких слоев из наиболее доступных для покрытий материалов в сочетании с технологиями их нанесения и их последующей обработки. В большинстве случаев в качестве наиболее доступных и низкостоимостных материлов покрытий используются железо-углеродистные сплавы. Наиболее перпективны стали мартенситного (40Х13) и ферритного (Св-08) классов, что обусловлено особенностями структурно-фазовых превращений в них при термодеформационном воздействии. Поэтому разработка способа изготовления деталей с износостойкими покрытиями из сталей ферритного и мартенситного классов повышенной износостойкости - одна из актуальных задач материаловедения.

Постановка задачи исследований. Разработка способа создания износостойких газотермических покрытий с последующей их электроконтактной обработкой для повышения ресурса деталей СММ. Установление влияния электроконтактной обработки, в том числе при наличии углеродсодержащих модификаторов, на структурно-фазовые превращения в газопламенных и электродуговых покрытиях из сталей Св-08 и 40Х13 во взаимосвязи с их физико-механическими свойствами.

Результаты исследований. Традиционные методы газотермического напыления материалов зачастую не обеспечивают требуемые уровни значений твердости и износостойкости покрытий при изготовлении и восстановлении деталей СММ. Эффективным путем решения задачи повышения износостойкости напыленных покрытий является формирование в них высокопрочных поверхностных слоев с градиентной структурой посредством термомеханического модифицирования поверхностных слоев. Высокую износостойкость, твердость и прочие свойства напыленных покрытий из сплавов на основе железа можно обеспечивать таким методом термомеханического модифицирования, как электроконтактная обработка. Объектами исследования являлись покрытия из сталей 40Х13 (мартенситного класса) и Св-08 (ферритного класса). Модификаторами являлись коллоидный графит и ультрадисперсная алмазо–графитная смесь УДАГ. Для восстановления высокой активности частиц УДАГ и их структурообразующей способности использовали ультразвуковую обработку. Нанесение покрытий осуществлялось с использованием технологий высокоскоростного термоструйного напыления по следующим режимам: 1) распыление скоростной воздушной струей металла, расплавленного в факеле пропано-кислородного пламени

(ГПН покрытие); 2) распыление реактивной струей продуктов сгорания пропано-воздушной смеси (1/25) металла, расплавленного в электрической дуге (ЭДН покрытие). Для модифицирования рабочей поверхности ГПН/ЭДН покрытий использовали установку для электроконтактной обработки УЭКО. Схему получения износостойких покрытий можно свести к технологической цепочке методов их нанесения и обработки (таблица 1).

Таблица 1. Формирование износостойких покрытий

Вид технологии	Режимы обработки			
Газотермическое напыление	Тип покрытия	Горючая смесь	Расстояние, мм	Толщина слоя, мм
	40Х13	Ацетилен + кислород	150,0	1,0…1,2
Электрохимическая полировка (вскрытие пор)	Состав электролита	Температура электролита, ^{0}С	Плотность тока J, А/см^2	Время, мин
	H_3PO_4 (760 г) + CrO_3 (100 г)	40…50	0,5	10,0
Ультразвуковая обработка	Тип модификатора	Частота колебания, гц	Время, мин	Среда обработки
	Порошок УДАГ 0,5% об.	44,0	7,0…8,0	Спирт этиловый C_2H_5OH
Электроконтактная обработка	Ток нагрева, I, кА	Давление, МПа	Время нагрева, $T_н$, с	Время имп. - пауз, t, с
	3,5	20,0	8…10	0,02…0,04

Научная гипотеза, положенная автором в основу выполненных исследований, заключается в следующем. Повышенная износостойкость детали с покрытием, обеспечивается, в первую очередь, пластичностью покрытия в начальный период трения для ускорения процесса приработки и, в ходе дальнейшей работы узла, высокой износостойкостью и твердостью. Этого можно достичь, получив покрытия из сталей, в которых сформирована двухфазная структура, содержащая метастабильный аустенит, имеющий твердость 200 - 300 HV, а также имеется определенное количество оксидов. В процессе дальнейшей приработки вследствие интенсивной пластической деформации метастабильный аустенит будет трансформироваться в износостойкий и твердый мартенсит (HV=700...800) за счет протекания деформационного $\boldsymbol{\gamma - \alpha}$ превращения. Использование углеродных модификаторов будет усиливать эффект повышения триботехнических свойств. При помощи ЭКО можно снизить интенсивность изнашивания напыленных стальных покрытий по сравнению с известными способами более чем 15 раз.

Выводы. В работе предлагается новый подход к конструированию износостойких покрытий из сталей мартенситного и ферритного классов, который заключается в сочетании газопламенного напыления (ГПН)/электродугового напыления (ЭДН) покрытий с их последующей электроконтактной обработкой (ЭКО), в том числе с углеродосодержащими модификаторами. В основе этого подхода лежит влияние электроконтактной обработки (ЭКО), а также углеродосодержащих модификаторов на структурно - фазовые превращения в ГПН/ЭДН стальных покрытиях.

КВАНТОВО-МЕХАНИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СОЕДИНЕНИЯ ДВУХКОМПОНЕНТНЫХ СРЕД

[1]Шарко А.В., [2]Нигалатий В.Д., [1]Погребняк И.Ф.
[1]Херсонский национальный технический университет (Украина)
[2]Херсонская государственная морская академия (Украина)

Актуальность темы объясняется необходимостью решения важной производственной задачи современного судостроения вследствие изучения изменений механических свойств склейки алюминиевых сплавов с композиционными материалами для повышения коррозийной стойкости корпусов и деталей механизмов, эксплуатируемых в условиях перепада температур и воздействия агрессивных сред, к которым может быть причислена морская вода.

Анализ публикаций по обозначенной проблеме обнаружил довольно значительный перечень источников по изучению изменений механических свойств материалов, составляющих такие соединения в отдельности [1-3], однако склейка алюминия с композиционными материалами несмотря на актуальность существующей проблемы ранее не изучалась.

Анализ феноменологических представлений и результатов некоторых аналогичных экспериментальных исследований, проведенных с иными двухкомпонентными соединениями показывает, что в качестве гипотезы при соединении алюминия с полимерами наиболее приемлемым типом образовавшейся связи атомов в молекуле будет ковалентная связь.

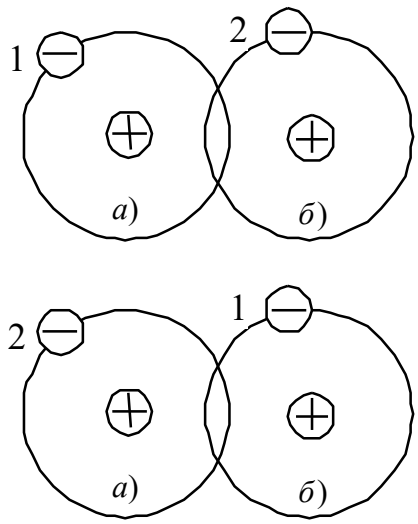


Рисунок 1. Схема обмена электронами в ковалентной молекуле:
А и б – ядра; 1 и 2 – состояния электронов

Природу ковалентной связи можно объяснить только на основе квантовой механики с учетом волновой природы электрона. При сближении атомов размытые электронные облака внешних электронов частично перерываются, что приводит к их деформации. Точный расчет изменения состояния электронов требует решения уравнения Шредингера. Слияние областей, где могут находиться оба электрона означает возникновение между ними обменного взаимодействия (рис. 1).

Уравнение Шредингера – дифференциальное уравнение в частных производных может иметь множество решений, однако при рассмотрении соединений алюминия с полимерами имеет смысл рассмотреть собственные функции. Им должны соответствовать дискретные значения полной энергии.

Склейка полимера с алюминием кроме прочностных свойств должны обладать близкими значениями температурных коэффициентов, чтобы не допускать

растрескивания или расслоения материала. Температурные коэффициенты линейного расширения твердых растворов имеют значения больше аддитивных. Увеличение температурного коэффициента линейного расширения твердых растворов склейки алюминия с полимером по сравнению с чистыми компонентами свидетельствует об уменьшении скорости изменения сил притяжения с увеличением межионного расстояния.

В процессе склейки полимера с алюминием до завершения затвердевания в состоянии статического равновесия ионы располагаются таким образом, чтобы кинетическая энергия теплового движения была равна потенциальной. При этом, чем больше коэффициент линейного расширения, тем на большее расстояние удаляется ион. Одно и тоже изменение потенциальной энергии иона в материале с большим коэффициентом линейного расширения происходит на большем расстоянии, чем в материале с малым коэффициентом линейного расширения, т.е. в первом случае силы притяжения убывают медленнее, чем во втором. Поэтому, благодаря изменению закона убывания сил взаимодействия между ионами упругие свойства склейки могут оказаться меньше аддитивных. Такая же отрицательная аддитивность должна быть присуща и изменению состава и концентрации полимеров. С увеличением дефектности твердых растворов, т.е. степени разрыхления структуры, уменьшается энергия кристаллической решетки.

Выводы. На основании рассмотрения энергетических представлений двухкомпонентных сред теоретически обосновано существование зависимости между изменением механических свойств двухфазных материалов склейки алюминия с полимером в зависимости от молярной концентрации полимеров через энергию кристаллической решетки, устойчивость соединения и дефектность структуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нигалатий В.Д. Закономерности взаимосвязи физико-механических свойств с технологическими параметрами алюминиевых сплавов / В.Д. Нигалатий, И.Ф. Погребняк, А.В. Шарко // Науковий вісник Херсонської державної морської академії: науковий журнал. – Херсон: Херсонська державна морська академія, 2014. - №2(11). – С. 173-178.

2. Погребняк И.Ф. Физические методы оценки технологических свойств материалов / И.Ф. Погребняк, В.Д. Нигалатий, А.В. Шарко // Сучасні енергетичні установки на транспорті і технології та обладнання для їх обслуговування. Всеукраїнська науково-практична конференція, 1-3 жовтня 2014 р. – Херсон: Херсонська державна морська академія, 2014. – С. 343-344.

3. Шарко А. В. Влияние изменения дислокационной структуры на акустические характеристики материалов / А. В. Шарко, В. Д. Нигалатий, С. А. Рожков, А. В. Букетов / Міжвузівський збірник «Наукові Нотатки». Луцьк, 2015. Випуск №48. – С. 220-224.

СУЧАСНІ КОНЦЕПЦІЇ РОЗВИТКУ НАУКИ ПРО ТЕРТЯ

[1]Шимчук С.П., [2]Зайчук Н.П.
[1]*Національний авіаційний університет (Україна)*
[2]*Луцький національний технічний університет (Україна)*

Вирішення проблеми підвищення працездатності трибосистем з граничним тертям є одним із найбільш пріоритетних напрямків сучасної трибології, адже саме від особливостей роботи пар тертя залежить енергозбереження, надійність та безпека різного роду машин та обладнання (в тому числі і енергетичних установок та транспорту). Шляхи досягнення поставленої мети полягають у глибокому вивченні та розвитку відомих теорій і гіпотез тертя та зношування, створенні нових і використання їх на практиці. Найбільш відомі і загальновизнані адгезійно-деформаційна та еластогідродинамічна теорії тертя та зношування за умови граничного змащування, які взаємодоповнюють, але разом з тим суперечать одна одній. Дослідження співвідношення адгезійної та деформаційної складових сили тертя показали, що в умовах граничного змащування молекулярна складова є більшою від механічної у тисячі разів по В. Гарді [1], а за даними відомого триболога І.В. Крагельського [2] ця складова становить не більше 1% макросили тертя, яку можна виміряти, що свідчить про домінування адгезійної взаємодії робочих поверхонь при терті. Оскільки граничне тертя відбувається при наявності мастильного середовища, то згідно компресійно-вакуумної гіпотези тертя О.У. Стельмаха взаємозв'язок властивостей цього середовища і динамічних процесів, що протікають в ньому, чинять суттєвий вплив на триботехнічні характеристики вузла спряження, і, відповідно, на його працездатність. Цей підхід та відповідна модель усувають протиріччя між адгезійно-деформаційною і еластогідродинамічною теоріями граничного тертя [3,4].

Суть процесу тертя по Б.І.Костецькому полягає в утворенні вторинних структур (ВС) в певному діапазоні режимів контактної взаємодії при наявності динамічної рівноваги процесів активації і пасивації. Він виділяє два основні види ВС [5]:

- тверді розчини окиснювачів у металах;
- та хімічні сполуки.

Дослідження, проведені В.В. Запорожцем показали, що взаємне контактування поверхонь при граничному терті слід розглядати, як взаємодію випадково-коливальних полів. Це призводить до імпульсного пружного та непружного деформування локальних мікроб'ємів. При цьому процес руйнування поверхонь тертя слід розглядати, як періодичне утворення, формування та руйнування завжди утворюваних вторинних структур на робочих поверхнях трибосистем, які є метастабільні й динамічні, тобто легше переходять у нові структурні стани, ніж глибинні [6].

Отримані нами результати власних лабораторних досліджень взаємного контактування сталі 45 в парі зі сталлю ШХ15 при лінійному контакті в режимі граничного тертя дозволили встановити, що в такій трибопарі на зносостійкість сталі 45 істотний вплив чинить Cr, концентрація якого внаслідок дифузійних процесів в поверхневих шарах контактуючих поверхонь порівняно з матричним матеріалом змінюється, що сприяє утворенню вторинних структур, які залежать від властивостей змащувального середовища (рис. 1). Для проведення зазначених досліджень сталь 45 піддавали нормалізації, а ШХ15 – гартуванню на твердість HRC 62..64. В обох випробовуваних сталях хімічний склад визначався ДСТУ, а похибка в легуючих елементах знаходилася в допустимих межах. Залежності величин зносу від концентрації хрому, який дифундував на поверхню модельної деталі виготовленої зі сталі 45 при терті пари «Сталь 45-ШХ15» в середовищі авіагасу ТС-1 та сприяв утворенню вторинних структур приведено в таблиці 1.

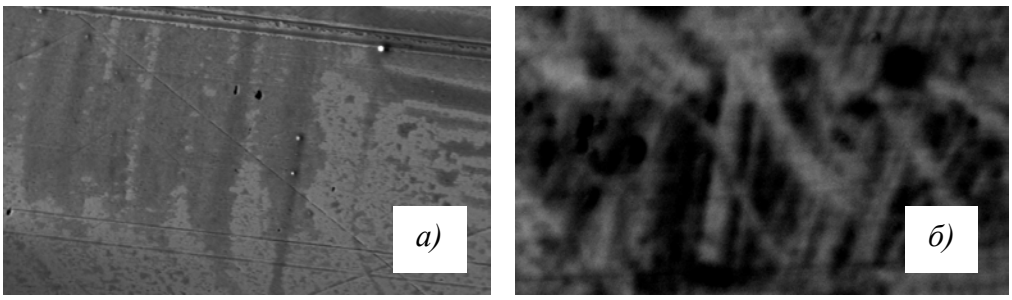


Рисунок 1. Загальний вигляд ВС х 400: а) в авіагасі ТС-1; б) в маслі ІПМ-10

Таблиця 1. Залежності величин зносу поверхонь зі сталі 45 від концентрації Cr

№	Матеріал досліджуваної поверхні тертя	Величина зносу, мкм	Концентрація Cr, %	
			матриця	доріжка тертя
1	сталь 45	26,5	0,10	0,105
2	сталь 45	17,7	0,19	0,105
3	сталь 45	32,3	0,08	0,102
4	сталь 45	11,3	0,13	0,104
5	сталь 45	17,7	0,12	0,106

Роботи виконані М.Ф. Дмитриченко та Р.Г. Мнацакановим [7] підтверджують, що хром у змащувальному середовищі слугує каталізатором при утворенні захисних плівок, так званих полімерів тертя, а також впливає на взаємозв'язок між підвищенням мікротвердості поверхневого шару металу та наявністю хімічних сполук, що утворюються при терті.

Висновки. В приведеній доповіді розглянуто концепції, які показують особливості трибовзаємодії в парах тертя при умові граничного мащення, що доцільно використовувати для підвищення працездатності та енергозбереження різного роду машин, технологічного обладнання та енергетичних установок.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ахматов А. С. Молекулярная физика граничного трения / А. С. Ахматов. – М. : Физматгиз, 1963. – 472 с.

2. Крагельский И. В. Основы расчетов на тертя и износ / И. В. Крагельский, М. Н. Добычин, В. С. Комбалов. – М. : Машиностроение, 1977. – 526 с.

3. Стельмах А.У. Компрессионно-вакуумный механизм адгезионного трения и изнашивания. – 28 с. – Деп. в ГНТБ Украины. - 07.07.2008, №109 – Ук 2008.

4. Стельмах А.У. Возникновение контактных струйных течений в условиях граничной смазки и механизм их образования. – 43 с. – Деп. В ГНТБ Украины 14.04.09, №20 – Ук 2009.

5. Костецкий Б.И., Носовский И.Г. Износостойкость и антифрикционность деталей машин. – Киев: Техника. – 1965. – 206 с.

6. Запорожец В. В. Взаимосвязь силы трения и свойств вторичных структур / В. В. Запорожец // Трение и износ. – Минск : Наука и техника, 1983. – Т. IV, № 1. – С. 59-67.

7. Дмитриченко Н.Ф. Смазочные процессы в условиях нестационарного трения / Н. Ф. Дмитриченко, Р. Г. Мнацаканов. - Житомир : ЖІТІ, 2002. - 308 с.

ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ТА ТЕПЛОФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ НАНОКОМПОЗИЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ ПОЛІХЛОРТРИФТОРЕТИЛЕН - ДІОКСИД ОЛОВА

Шут М.І., Січкар Т.Г., Рокицький М.О., Борбіч Ю.О., Янчевський Л.К.
Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова (Україна)

Композиційні матеріали на основі полімерів знаходять широке застосування в судноремонті та суднобудуванні. Одним із перспективних матеріалів на основі якого розробляються композиційні системи є поліхлортрифторетилен (ПХТФЕ). Нами досліджено композиційну систему на основі ПХТФЕ та діоксиду олова (SnO_2), що з успіхом може використовуватись на транспорті.

Експериментально досліджені: густина, загальна вологоємність, швидкість поширення та коефіцієнт поглинання ультразвуку, комплексний модуль пружності, тангенс кута механічних втрат, стрибок поглинання ультразвуку на частотах 5 МГц, 7,5 МГц та 10 МГц, калориметричні характеристики.

Суміш ПХТФЕ з розміром частинок 200 нм за формою близькою до сферичної та SnO_2 з розміром частинок 40…150 нм гомогенізували в рідинному акустичному середовищі і після термообробки в термовакуумній шафі пресували з розплаву полімеру в однакових термобаричних умовах (T = 513 К, p = 32 МПа), що відповідає технологічним умовам переробки ПХТФЕ у вироби при об'ємних концентраціях SnO_2 0…54 % (об.).

Досліджено структурні характеристики системи, зокрема, рентгеноструктурним аналізом та мікроскопією здійснено контроль якості і морфологічної будови синтезованих наночастинок SnO_2 та сформованих композитів.

Композити із вмістом нанорозмірного SnO_2 в межах $0 \le \varphi \le 13$ % характеризуються значенням загальної вологоємності від 0,5 до 0,75 %. Збільшення концентрації SnO_2 до φ = 20 % викликає зростання вмісту пор у матеріалі до 2,5…2,8 %, що є граничним, оскільки подальше зростання концентрації SnO_2 не викликає зміни пористості і густини.

Результати ультразвукових досліджень приводять до висновку, що основними діючими на структуру системи факторами є: досягнення та розвиток порогу перколяції (~ 3 %); зміна властивостей поверхневого шару полімерної матриці під дією наповнювача; зміна пористості системи. Результатом цього сукупного впливу є поділ концентраційної області на дві зони: 0…10 %, в якій домінують перші два фактори та 10…20 %, в якій вплив різни факторів практично компенсується. Це призводить до практично незмінних фізико-механічних характеристик, хоча внесення більш пружного та щільного наповнювача в менш пружну матрицю повинно призводити до значних змін цих характеристик, тим більше при незмінній пористості. Пояснення цього явища може бути одержане на основі калориметричних досліджень.

Температурні залежності питомої теплоємності мають характерні піки плавлення ПХТФЕ, які зменшуються із зростанням концентрації SnO_2, що відповідає падінню питомої теплоти плавлення. Ці зміни є значними при концентраціях нижче порогу перколяції і є незначними після його досягнення. Класичний хід залежностей питомої теплоємності від температури при збільшенні концентрації SnO_2 змінюється нетрадиційним її пониженням після плавлення ПХТФЕ. Для найбільшої концентрації значення питомої теплоємності досягає 25 Дж/(кг·К). Така поведінка не є характерною для відповідних залежностей чистих ПХТФЕ та SnO_2 і може спостерігатись лише за наявності структурних перетворень з активним виділенням теплоти. Відповідні структурні перетворення можуть виникати в SnO_2 під дією поверхневих шарів ПХТФЕ, або, навпаки, в ПХТФЕ під дією частинок SnO_2, або в обох компонентах одночасно. Саме ці структурні перетворення можуть компенсувати зростання фізико-механічних характеристик за рахунок збільшення концентрації наповнювача, його більшої густини та пружності та залишають їх сталими при незмінній пористості системи.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СФЕРОПЛАСТИКА С ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ПОРИСТОСТЬЮ В СОСТАВЕ БЛОКОВ ПЛАВУЧЕСТИ ПОДВОДНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

Юреско Т.А.
Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова (Украина)

Сферопластик с дополнительной пористостью (СДП) перспективный материал для блоков плавучести глубоководных технических средств. Структура СДП – гетерогенная, которая состоит из однородной полимерной матрицы, регулярно заполненной пустотелыми стеклянными микросферами и воздушными порами, дополнительно введенными в основу способом вакуумирования, с целью снижения плотности материала.

Такая закрытопористая структура СДП дополнительно обеспечивает материалу плавучести хорошие теплоизоляционные свойства (λ = 0,085 Вт/м·К), что позволяет использовать его в качестве теплоизолятора для подводных технических средств на глубинах до 1500 м.

Основная эксплуатационная нагрузка на блоки с СДП - гидростатическое давление, действие которого сопровождается накоплением повреждений - постепенным разрушением воздушных полостей, и переходом микропор в макропоры. Под действием давления вода проникает в образовавшиеся поры и вызывает существенное снижение теплоизоляционных свойств материала.

Проведены экспериментальные по определению уровня повреждаемости СДП и изменения его теплоизоляционных характеристик для двух видов эксплуатационных нагрузок.

Длительное гидростатическое нагружение характерно для стационарного режима работы глубоководного объекта. Климатические нагрузки – погружение-всплытие подводного средства на поверхность в условиях низких температур воздуха.

Результаты экспериментов показали:

– при критическом уровень повреждаемости СДП, что составляет $П_{КР}$ = 30% по объему, теплопроводность достигает 0,2 Вт/м·К, то есть ведет к значительному ухудшению теплоизоляционных свойств материала;

– механизм разрушения структуры материала при климатических испытаниях остается таким, как при длительных только на начальной стадии нагружения;

– при климатических испытаниях повреждаемость в 2…3 раза выше, чем при длительных нагрузках. Это объясняется тем, что вода, накопленная во внутренних полостях материала, кристаллизуется в лед, образуя трещины, которые увеличивают водопоглощение материала при повторном воздействии гидростатического давления;

Построена математическая модель накопления повреждений в СДП на основе модели вязкоупругого разрушения и логистического закона распределения Вейбулла. Также построена математическая модель изменения коэффициента теплопроводности СДП при воздействии длительной нагрузки и климатического воздействия рис.1, рис.2, результаты расчета хорошо коррелируется с результатами опытов.

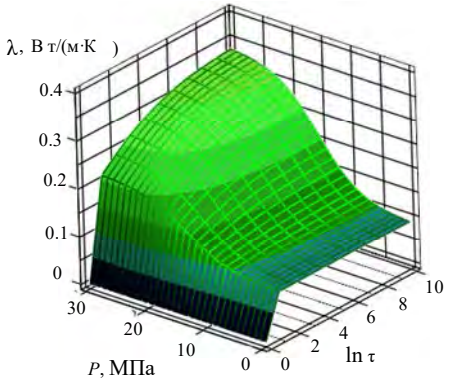


Рисунок 1. Математическая модель изменения коэф. теплопроводности СДП от времени выдержки l при разных уровнях давления *P*

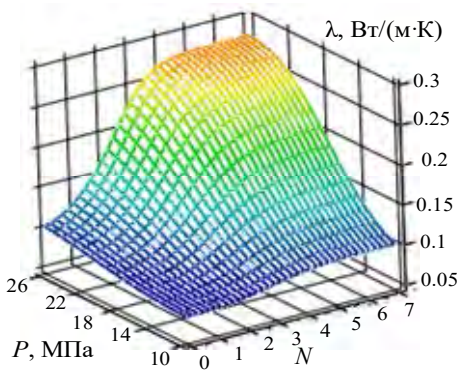


Рисунок 2. Математическая модель изменения коэф. теплопроводности СДП от количества циклов *N* температурного нагружения при разных уровнях давления *P*

Полученные результаты позволяют на стадии проектирования блоков спрогнозировать ресурс материала, в зависимости от условий эксплуатации: длительности, глубины погружения, количества циклов погружения-всплытия на поверхность [1, 2].

ЛІТЕРАТУРА

1. Бурдун Е.Т., Юреско Т.А. Кочанов В.Ю. Моделирование повреждаемости и изменения теплопроводности блоков плаву чести на основе синтактика в условиях эксплуатации // Зб. наук. праць НУК. – Миколаїв: НУК, 2008. – №3 (420). – С. 46 – 51.

2. Бурдун Е.Т., Юреско Т.А. Кочанов В.Ю. Моделирование повреждаемости и изменения теплопроводности блоков плавучести на основе синтактика при климатических испытаниях // Зб. наук. праць НУК. – Миколаїв: НУК, 2008. – №5. – С.55 - 60.

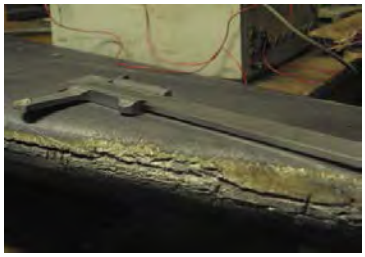
РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ РЕМОНТУ ЛОПАТЕЙ ВЕНТИЛЯТОРА АПАРАТІВ ПОВІТРЯНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ ГТК-10 І

Ярема І.Т., Антонов А.М., Колибаб'юк П.В., Наконечний Ю.І.
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)

Для охолодження газотурбінної установки ГТК-10 І та забезпечення її нормальної і безперебійної роботи на компресорних станціях магістральних газопроводів використовують апарати повітряного охолодження (АПО) виробництва ФРН. Нагнітання повітря в АПО здійснюється за допомогою 6-ти лопатного вентилятора діаметром 4267 мм (рис. 1, а). Швидкість обертання вентилятора – 220 об/хв, габаритні розміри лопаті – 1810×750×100 мм; матеріал, з якого виготовлені лопаті – склонаповнений поліефір. Внаслідок тривалої експлуатації (понад 30 років), впливу температури, атмосферних опадів, сонячного випромінювання та динамічних навантажень на поверхні пластмасових лопатей утворюються тріщини, вм'ятини, каверни. Найбільш пошкодженою ділянкою є торцева поверхня по всьому периметру лопаті (рис. 1, б).

а)

б)



в)

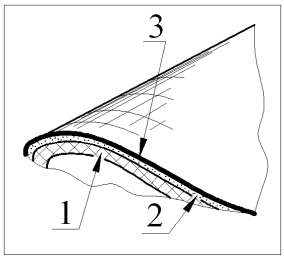


Рисунок 1. Пластмасові лопаті вентилятора та спосіб їх реставрації

Авторами розроблена технологія ремонту лопатей вентилятора, яка полягає в наступному. Спочатку проводиться дефектоскопія лопаті, тобто позначають ділянки, які мають глибокі тріщини та ділянки з невеликими пошкодженнями поверхні. Ділянки із значними пошкодженнями вирізають з допомогою спеціальних різальних інструментів різного профілю та товщини. Малопошкоджені ділянки зачищають за допомогою шліфувальної машинки та виконується чорнове шпатлювання швів і вм'ятин поліефірною склонаповненою композицією 1 (рис. 1, в). Після висихання шпатлівки у сушильній камері шви зачищають і наносять ще один шар. Після затвердіння проводиться чистове зачищення всієї лопаті та наноситься з допомогою розпилювача двокомпонентна ґрунтовка 2. На зачищену поверхню наносять перший, а згодом і другий шар електропровідного покриття 3. Це покриття, що являє собою суміш акрил-поліуретанового лаку з порошкоподібним графітом, запобігає накопиченню статичних зарядів на поверхні лопаті та забезпечує безіскрову роботу обладнання. На останньому етапі ремонту проводиться візуальний огляд всієї лопаті на відповідність якості поверхні, заміряється мікротвердість та питомий електричний опір покриття.

ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ПОДОВЖУВАЧА СВІЧКИ ЗАПАЛЮВАННЯ КОМППРЕСОРА МК-8 ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ СКЛОНАПОВНЕНИХ ПОЛІАМІДІВ

Ярема І.Т., Колибаб'юк П.В., Наконечний Ю.І., Дячук Д.С.
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)

Газомоторні компресори МК-8 призначені для стиснення і перекачування природного газу в системі магістральних газопроводів і, зокрема, на станціях підземного зберігання газу. Система запалювання даного компресора складається з датчика-генератора, електронного комутатора, котушок, свічок та проводів. Штатні подовжувачі свічок запалювання виготовлені із фторопласту Ф-4. Цей матеріал має високі електроізоляційні характеристики в інтервалі температур від – 100 до + 260 °С (питомий об'ємний опір в сухому стані становить 10^{17} Ом·м). Проте, фторопласти не відзначаються високою твердістю та границею міцності при розтягу. Для них характерний високий рівень пластичної деформації, і майже відсутні пружна та в'язкопружна деформація. Слід також відмітити, що при виготовленні подовжувачів свічок методом механічної обробки до 50 відсотків дорогого полімерного матеріалу йде у відходи, що негативно позначається на собівартості виробу.

При тривалій роботі компресора в період літнього закачування газу в підземні сховища та зростання температури в циліндрах фторопластові подовжувачі виходять із ладу. Авторами розроблена конструкція пластмасового подовжувача свічок запалювання для газомотокомпресора МК-8 з використанням композиційних термопластичних матеріалів (рис. 1).

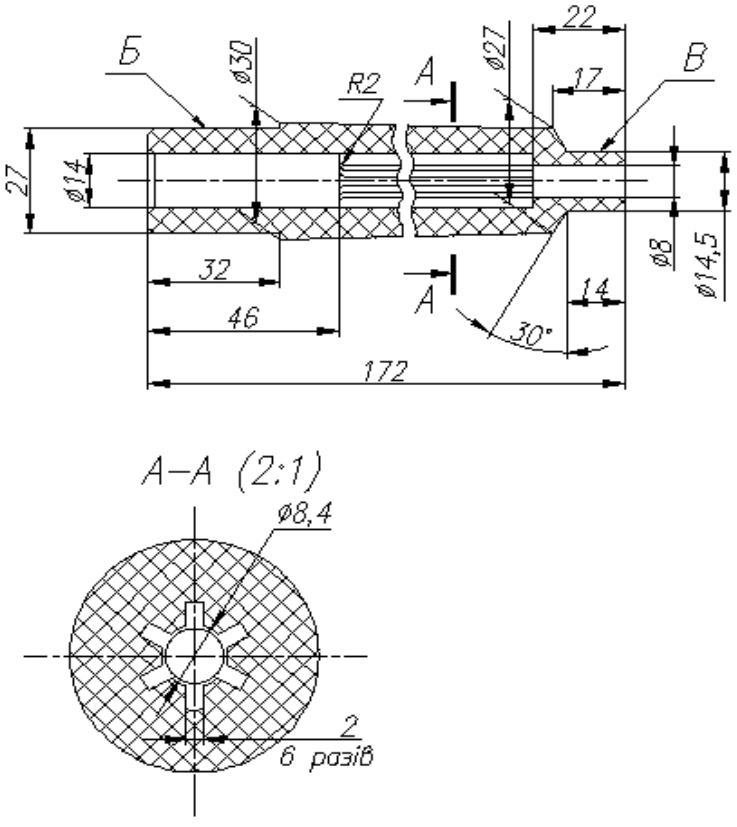


Рисунок 1. Подовжувач свічок газомоторного компресора МК-8

Така конструкція передбачає виготовлення подовжувача високопродуктивним методом лиття під тиском на термопластавтоматі. Деталь відливається без різьбової нарізки М27х1,0 на циліндричній поверхні «Б». Це суттєво спрощує конструкцію прес-форми, але появляється необхідність в додатковій механічній обробці відливки. На перший погляд, доцільніше було б формувати таку нарізку у прес-формі і отримувати вже готову деталь без додаткової обробки. Але економічні розрахунки свідчать про те, що при невеликих обсягах виробництва ускладнення конструкції форми призводить до такого збільшення її вартості а, отже, і собівартості пластмасових деталей «подовжувач», що дешевше цю різьбову нарізку отримати на токарному верстаті методом механічної обробки. Слід зауважити, що при виготовленні більших партіях деталей (2000-3000 шт. на рік), доцільніше було б, якраз, ускладнити конструкцію форми і отримувати готові деталі без подальшої механічної обробки.

Із врахуванням умов експлуатації та фізико-механічних властивостей полімерів в якості матеріалів подовжувачів свічок були вибрані пластмаси групи термопластів – поліаміди (ПА6, ПА610, ПА66), наповнені коротким скловолокном. Ці матеріали відрізняються підвищеною міцністю, теплостійкістю та хорошими діелектричними властивостями. Так, руйнуюча напруга при розтягу для склонаповненого поліаміду марки ПА 66-КС становить 170 МПа, а для фторопласту Ф-4 цей показник не перевищує 32 МПа. Перевагою склонаповнених поліамідів є їх тривала працездатність в умовах одночасної дії підвищених температур, значних механічних навантажень і агресивних хімічних середовищ (мастил, бензину, дизельного палива та ін). Для вибору конкретної марки склонаповненого поліаміду враховували весь комплекс їх фізико-механічних властивостей. Поліамід марки ПА66-КС відрізняється від інших наповнених склом поліамідів підвищеними характеристиками міцності, термостійкості і є хорошим діелектриком.

Особливістю переробки даного матеріалу є його попереднє просушування в сушильній шафі при температурі 90°С впродовж 4…6 год. Залишкова волога у контрольних пробах повинна складати не більше 0,25 %. Контроль здійснювався методом зважування проб до і після сушіння на аналітичній вазі. Була розроблена технологічна карта лиття пластмасового подовжувача свічки під тиском на термопластавтоматі з об'ємом вприскування 125 см³. Технологічні параметри лиття задавалися на ливарній машині і включали в себе: температуру лиття, температуру форми, тиск лиття, об'ємна швидкість вприскування, час витримки під тиском, тиск формування, частота обертання шнеку, тиск пластифікації, об'єм вприскування, та загальний час циклу. Параметри задавалися з врахуванням не тільки теоретичних відомостей, але й практичного досвіду лиття подібних виробів. Для забезпечення стабільності розмірів та зняття залишкових напружень після лиття деталей проводилась їх нормалізація. Цей вид термообробки полягає в нагріванні пластмасових виробів до температури на 20…30°С вищої від температури склування матеріалу T_c з наступним повільним охолодженням. В даному випадку застосовувалась нормалізація кип'ятінням у воді: деталі завантажувалися у ванну з водою при кімнатній температурі і потім температура повільно, приблизно впродовж 2 год, підвищувалась до 90…100 °С. Час витримки при цій температурі складав 6…8 год, а сам процес термообробки закінчувався охолодженням виробів разом з водою до кімнатної температури.

Дослідні зразки ізоляційних подовжувачів із поліаміду ПА66-КС пройшли випробування в експлуатаційних умовах на Богородчанській станції підземного зберігання газу УМГ «Прикарпаттрансгаз» і показали свою ефективність, зокрема, термін їх експлуатації збільшився в 1,5…2,0 рази.

ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ІЗ ПОЛІМЕРКОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ВУЗЛІВ ГАЗОТРАНСПОРТНОГО ОБЛАДНАННЯ

Ярема І.Т., Наконечний Ю.І., Дячук Д.С., Буховець В.М.
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)

Використання полімеркомпозитних матеріалів у різноманітному механічному обладнанні вирішує важливі технічні завдання, що зумовлено властивостями, які притаманні тільки їм. Заміна металевих деталей на полімеркомпозитні, а також заміна одного полімерного матеріалу на інший тільки тоді дає позитивний ефект, коли одночасно змінюється конструкція деталі таким чином, щоб максимально могли проявитись позитивні властивості вибраного матеріалу. В той же час, розроблена конструкція повинна перешкоджати проявленню негативних властивостей того чи іншого полімер-композитного матеріалу.

В технологічному обладнанні газотранспортної системи застосовується велика кількість деталей із полімеркомпозитних матеріалів, які працюють в умовах сухого та напівсухого тертя при температурах до +100…120 °С і перепадах тиску до 10 МПа. Особливістю застосування таких матеріалів для ущільнень поршневих компресорів є проблема відведення теплоти із зони тертя в парі «поршневе кільце – гільза» та «ущільнююче кільце – шток». При підвищенні температури відбувається різке зменшення величини модуля пружності полімеркомпозитного матеріалу та інших термопластів, з яких вони виготовляються. Заготовки таких кілець виготовляються високоефективним методом литва під тиском на термопластавтоматі із подальшою їх механічною обробкою на адаптивному багатолезовому оснащенні. Одним з ефективних варіантів ущільнення штока є встановлення в кожну обойму металевого і поліамідного кільця. В такому поєднанні металеве кільце покращує тепловідведення, а полімеркомпозитне кільце, за рахунок явища переносу при терті відкладається тонкою плівкою на робочій поверхні металевого кільця, зменшуючи при цьому коефіцієнт тертя. Досвід показує, що для ефективного застосування пластмасових поршневих кілець в газомотокомпресорах необхідно врахувати умови експлуатації (температура, тиск) і до них конкретно підбирати той чи інший матеріал.

Так, наприклад, для компресорної установки 4HR3KN (виробництва бувшої НДР), що встановлені на автомобільних наповнюючи природнім газом станціях (до 2,0…2,2 МПа та температурах до 100…120 °С) поршневі кільця із полімеркомпозитних матеріалів можна застосовувати для I, II і III-го ступенів стискання, а для IV-го, де температура і тиск є значно вищими, ефективнішим буде використання термостійких антифрикційних матеріалів типу «Флубон».

В газомоторних компресорах ГМК-8 заміна станцій підземного зберігання газу магістральних газопроводів заміна металевих пластин всмоктувальних та нагнітаючих клапанів на полімеркомпозитні покращила надійність та довговічність роботи вузла, зменшились затрати на виготовлення та ремонт. Практика застосування пластин із склонаповненого поліаміду та в подальшому обробленими механічним методом розточування адаптивним багатолезовим оснащенням показує, що в початковий період роботи клапана спостерігається підвищення температури на 10-15 °С у порівнянні із металевим, а через 30-50 хвилин температура понижується до нормальної, що можна вважати часом припрацювання. Це пояснюється тим, що пластмасові пластини після виготовлення і термообробки можуть мати незначне короблення і, відповідно, негерметичність, що в процесі початкової роботи приводить до підвищення температури. При нагріванні знижується модуль пружності поліаміду, а під дією перепаду тиску в момент закриття клапану відбувається термомеханічна самопідгонка пластини до сідла. В результаті покращується герметичність клапана і стабілізується його температура.

Надійність роботи кульових кранів в значній мірі залежить від стану ущільнень

затвору і штоку. Втрата герметичності кранів відбувається, в основному, внаслідок зношення ущільнюючої поверхні одного з ущільнень або пошкодження її твердими механічними частинами. В залежності від типу крану, функціонального призначення, країни - виробника ущільнення виготовляються із фторопласту-4, фторопластових композицій, поліамідів, поліуретанів, гум та інших полімерних матеріалів. Використання фторопластових ущільнень сприяє підвищенню герметичності крану, значному зниженню крутного моменту внаслідок низького коефіцієнта тертя фторопласту по металу. В той же час, фторопластові ущільнення є нестійкими до абразивного зношування і піддаються руйнуванню ерозійним швидкісним газовим потоком. Для фторопластів характерна низька границя текучості, а відсутність пружної і в'язкопружної складових деформації не приводить до відновлення вм'ятин, які викликані вдавленням в ущільнюючу поверхню твердих частинок. Більш міцним і стійким до зношування в таких умовах є поліамід, який переробляється методом лиття під тиском, що дає змогу значно скоротити витрати і час на виготовлення ущільнень кульових кранів різних типорозмірів. При проектуванні та виготовленні ущільнень із поліамідів до кульових кранів великих діаметрів необхідно врахувати факт підвищеного водопоглинання цього матеріалу, що в свою чергу приводить до збільшення геометричних розмірів ущільнення.

Лабораторією розроблені ущільнення із поліаміду для ремонту кранів Ду-13, Ду-25, Ду-50, Ду-100 фірми «Біттер» (Німеччина), Ду-25, Ду-50 фірми «МАРЕГАЗ» (Франція), Ду-50, Ду-100 фірми «Грове» (Італія), Ду-10 фірми «IKS» (Японія), Ду-50 заводу «Тяжпромарматура» (Росія).

Дослідження релаксаційних характеристик поліамідів показали, що в прокладках із цих матеріалів (ущільнення фланцевих і штуцерних з'єднань), які навантажені сталим за величиною навантаженням, напруження з часом знижуються, а потім досягають практично незмінного значення. Якщо після деякої стабілізації напружень виконати повторне затягування болтів до початкового значення напружень, то після релаксації за такий же проміжок часу залишкові напруження будуть вищими, ніж після першого затягування. Отже, для прокладок із поліаміду доцільним є повторне затягування болтів, що сприяє кращій герметизації з'єднання.

Прокладки із фторопласту можуть використовуватись для тривалої експлуатації в границях температур від -70 °С до +120 °С і питомих тисках до 8,5 МПа. При вищих температурах матеріал втрачає ущільнюючу здатність. Плоскі прокладки з фторопласту використовують для ущільнення гладких фланців та фланців з пазами при питомих тисках до 7 МПа і температурі до 120 °С.

При застосуванні поліетилену для герметизації нерухомих з'єднань слід врахувати те, що недоліком у поліефенів є їх здатність до окислення. Тривале нагрівання на повітрі і дія прямого сонячного проміння приводять до погіршення їх властивостей за рахунок термоокислювальної деструкції. Поліетиленам притаманне також явище розтріскування матеріалу під дією напружень та середовища.

Ефективним є використання термопластичних поліуретанів для виготовлення ущільнень, муфт, діафрагм, антивібраційних буферів та інших деталей газотранспортного обладнання. Для поліуретанів характерним є поєднання міцності, еластичності і маслостійкості. Ущільнення із твердих поліуретанів витримують тиски до 40 МПа і характеризуються високою зносостійкістю. При використанні поліуретанів, як конструкційних матеріалів, необхідно враховувати їх обмежену гідролітичну стабільність. Максимально допустима температура експлуатації у вологому середовищі не повинна перевищувати 70 °С.

Отже, з великої кількості існуючих полімерних конструкційних матеріалів доцільно розглядати лише деякий ряд матеріалів, що можуть використовуватись в рухомих і нерухомих з'єднаннях вузлів газотранспортного обладнання. Вибір типу полімеру залежить від умов експлуатації, стійкості його до середовища, властивостей матеріалу, особливостей його застосування в тих чи інших вузлах.

Секція 6

ПРОБЛЕМИ ПІДГОТОВКИ СПЕЦІАЛІСТІВ ДЛЯ ТРАНСПОРТНОЇ ГАЛУЗІ

ТРЕНАЖЕР СУДОВОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ LV ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ ПРИ ПОДГОТОВКЕ СУДОВЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ

Авраменко Н.Н., Растегина Г.И.
Морской колледж Херсонской государственной морскай академии (Украина)

Введение. Современные морские суда характеризуются высокой степенью электрификации, насыщенностью электрооборудованием различного назначения, от надежности работы которого зависит экономическая эффективность работы судна и его безопасная эксплуатация.

В связи с этим возрастают требования к знаниям и навыкам электротехнического персонала в области судового электрооборудования, как на уровне управления, так и на уровне эксплуатации. Соответствующие требования к компетенции, профессионализму, методам демонстрации компетентности и критериям ее оценки для электромехаников сформулированы в Международной конвенции о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты 1978 г. (МК ПДМНВ-78) с поправками Международной конвенции 2010 г.

Актуальность исследований. В повышении качества подготовки морских специалистов возрастает роль практической подготовки, которая может быть качественной только при работе на современном судовом оборудовании. В условиях отсутствия полноценной практики на судах для большинства курсантов практическую подготовку и приобретение практических навыков может полноценно заменить тренажер, выполненный на базе действующего судового оборудования, отвечающего последним достижениям науки и техники. Наличие тренажеров поднимет значимость учебного заведения в подготовке высококвалифицированных специалистов, а также позволит выполнять исследовательские работы.

Цель работы. Рассмотреть схему и комплектацию проектируемого тренажера с учетом энергосберегающих технологий.

Изложение основного материала. Специалист электромеханик на судне должен в первую очередь обеспечить бесперебойность электроснабжения судна, а также требуемые показатели качества электроэнергии. Он должен быстро находить неисправности, принимать технически грамотные решения, от этого зависит безопасность судна, жизнь экипажа и сохранность груза.

Тренажер судовой автоматизированной электростанции (САЭС) предназначен для проведения лабораторных и практических работ с целью приобретения курсантами практических навыков в обслуживании и эксплуатации электрооборудования и средств автоматики, а также выполнения практического эксперимента в исследовательских работах.

Тренажер САЭС строится на базе современного судового электрооборудования с использованием микропроцессорного управления по энергосберегающей технологии и может быть использован в качестве аварийной электростанции для автономного электроснабжения учебного заведения в случае обесточивания.

Схема главного тока тренажера представлена на рисунке 1. Тренажер состоит из основной и аварийной электростанций.

Примерный список источников электроэнергии тренажера САЭС:

 дизель-генераторные агрегаты модели GMS 10PX мощностью (8 … 10) кВт, напряжением 380 В, частотой 50 Гц с приводными дизелями (ПД1, ПД2) модели PX380G фирмы Powerlink, оборудованными электрическими исполнительными устройствами, числом оборотов n = 1500 об/мин, количеством цилиндров – 4 и бесщеточными синхронными генераторами (СГ1, СГ2) фирмы Stamford P1044E – 2 шт;

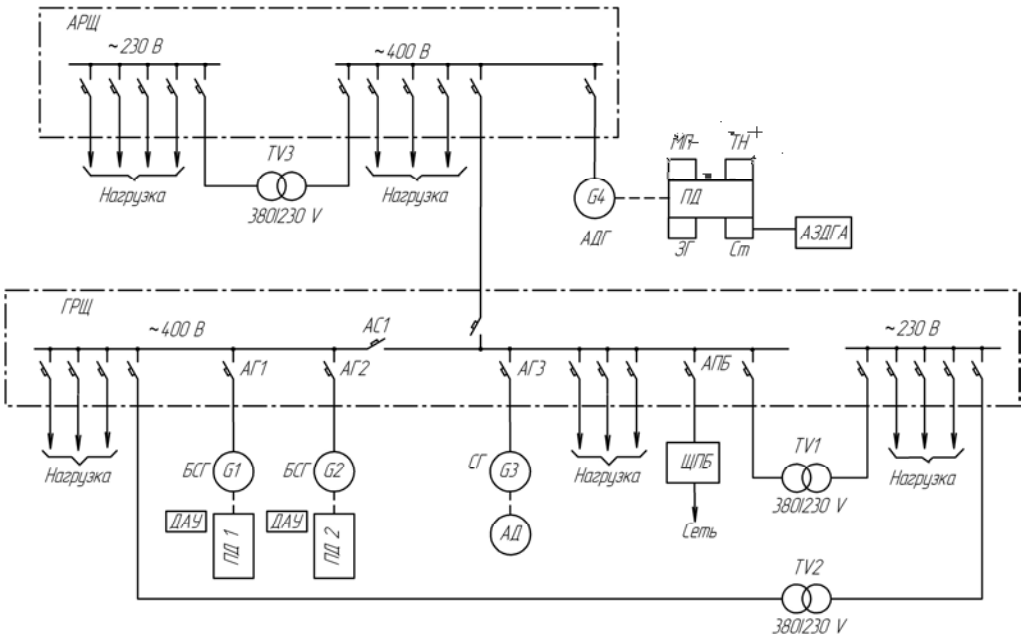


Рисунок 1. Схема главного тока тренажера САЭЭС низкого напряжения (LV)

 синхронный генератор (СГ3) мощностью 4 кВт, напряжением 380 В, с самовозбуждением, который может использоваться в качестве источника электроэнергии или нагрузки – 1 шт.;

 аварийный дизель-генератор мощностью (3….5) кВт, служит источником питания аварийной электростанции, имеет стартерный пуск и устройство автозапуска АЗДГА, числом оборотов n = 1500 об/мин с системой самовозбуждения, напряжение на генераторе 380 В – 1 шт.

Выводы. Работа на тренажере позволит будущим специалистам электромеханикам формировать в соответствии с требованиями IMO MODEL COURSE №7.08 следующие компетенции – 1.1; 1.2; 1.3; 1.5.

Тренажер, выполненный на базе современного судового электрооборудования с применением технологий, соответствующих последним достижениям науки и техники, позволяет выполнять исследовательские работы как в области силовой техники, так и в области компьютерных технологий.

Тренажер должен быть выполнен с учетом требований Конвенции ПДМНВ-78, раздела A-I/12, поэтому время работы кандидатов на данном тренажере может быть зачтено в ценз практической подготовки.

Тренажер LV позволит в полной мере вести переподготовку механиков и электромехаников с выдачей сертификатов по LV.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тренажер судовой автоматизированной электроэнергетической системы / Н.И. Муха, А.О. Дранкова, В.Н. Волошин [и др.] // Авиационно космическая техника и технология, – 2011. – №9(86) – с. 207–211.

2. Сергиенко Л.И., Миронов В.В. Электроэнергетические системы морских судов, - М.: Транспорт, 1991, - 264 с.

3. International Convention on standards of training and watchkeeping for seafarers, 1978 (STCW 1978), - London IMO, 2011, - 296 p.

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ НАГРУЗКА ДЛЯ ТРЕНАЖЕРА СУДОВОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ LV

Авраменко Н.Н., Растегина Г.И.
Морской колледж Херсонской государственной морскай академии (Украина)

Введение. Для обучения электромехаников и демонстрации их компетенций IMO MODEL COURSE №7.08 рекомендует иметь в морском учебном заведении тренажер судовой автоматизированной электростанции LV или симулятор судовой энергетической установки [1]. В условиях отсутствия полноценной практики на судах для большинства курсантов работа на тренажере с реальным, а не виртуальным оборудованием позволит приобрести практические навыки по управлению и техническому обслуживанию судовой электростанции.

Актуальность исследований. При создании тренажера отдельной проработки требует вопрос создания нагрузки. На судах 80% вырабатываемой электроэнергии потребляют асинхронные электродвигатели, поэтому в тренажере нагрузку на генераторы должны создавать асинхронные короткозамкнутые электродвигатели и активные сопротивления. Причем, электродвигатели должны работать в двигательном режиме с возможностью регулировки их коэффициента загрузки. Современное экономическое состояние в стране диктует еще одно немаловажное требование к нагрузке – энергосбережение, когда часть электроэнергии, вырабатываемой генераторами тренажера, возвращается в сеть учебного заведения.

На основе анализа последних публикаций на Украине в Одесской Национальной морской академии разработан и создан тренажер судовой автоматизированной электроэнергетической системы, целиком укомплектованный реальным оборудованием и предназначенный для обучения курсантов и студентов морских учебных заведений, а также подготовки судовых специалистов [2]. В тренажере предусмотрена регулируемая нагрузка, ее создают асинхронные короткозамкнутые электродвигатели, которые приводят во вращение генераторы, работающие на сопротивления.

Цель работы. Рассмотреть вопрос создания нагрузки на генераторы тренажера судовой электростанции с возможностью отдачи электроэнергии в сеть.

Изложение основного материала. На судах электродвигатели приводят в движение исполнительные механизмы (насосы, лебедки, компрессоры и т.д.), которые создают нагрузку на электродвигатель. В лабораторных условиях такую нагрузку можно создать при помощи второго асинхронного электродвигателя, создающего противодействующий момент и работающего в режиме рекуперативного торможения с отдачей электроэнергии в сеть.

Чтобы асинхронный электродвигатель перевести в режим рекуперативного торможения необходимо вращать его ротор от постороннего источника механической энергии со скоростью ω, превышающей синхронную скорость или скорость поля статора ω_0, при этом двигатель должен быть подключен к сети. В результате скольжение электродвигателя s становится отрицательным, а двигатель создает тормозной момент [3]

$$M_m = kI_2\Phi\cos\psi_2$$

где k – постоянный коэффициент для данного электродвигателя;

I_2 – ток обмотки ротора;

Φ – полный магнитный поток статора;

$cos\psi_2$ – косинус угла сдвига векторов E_2 и I_2.

Чтобы тормозной момент двигателя сделать регулируемым и при этом отдавать электроэнергию в сеть необходимо его подключить через преобразователь частоты со звеном постоянного тока, в составе которого есть активный выпрямитель, т.е.

выпрямитель, состоящий из полностью управляемых элементов (тиристоров или *IJBT*-транзисторов) и способный работать в режиме инвертора, ведомого сетью. В настоящее время промышленностью освоен выпуск преобразователей частоты с активными выпрямителями, имеющими в своем составе дополнительный модуль рекуперации. В таких приводах возможен режим рекуперативного торможения электродвигателя, причем, модуль рекуперации может быть использован один для нескольких электродвигателей [4]. Этот принцип может быть использован для создания нагрузки на электростанцию.

На рис. 1 представлена схема энергосберегающей нагрузки, выполненной с использованием электрооборудования Шнайдер Электрик.

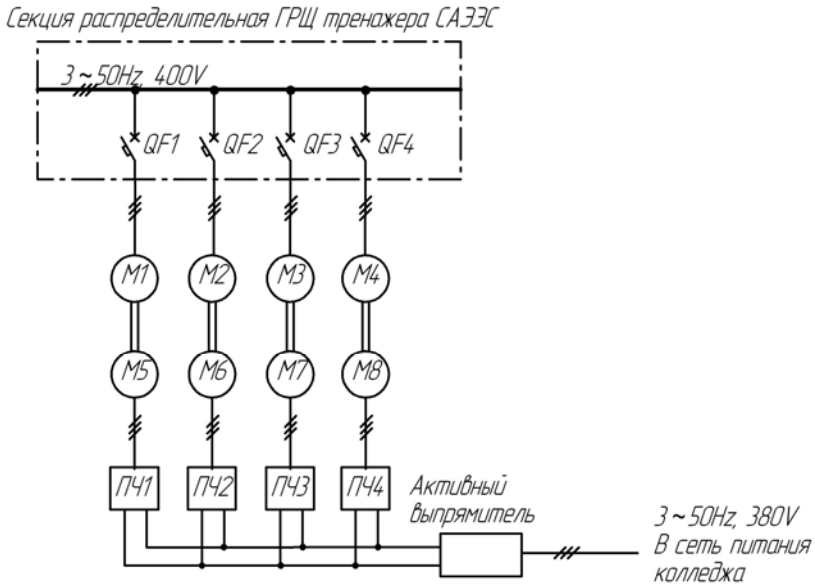


Рисунок 1. Схема подключения энергосберегающей нагрузки

Электродвигатели М1…М4 получают питание от ГРЩ тренажера и приводят во вращение (подкручивают) электродвигатели М5…М8. Если последние подключены к сети через преобразователи частоты, настроенные таким образом, чтобы их синхронная угловая скорости была меньше угловой скорости электродвигателей М1…М4, то через общий активный выпрямитель энергия возвращается в сеть учебного заведения.

Выводы. Применение активного выпрямителя и преобразователей частоты даст возможность часть вырабатываемой электроэнергии от тренажера возвращать в сеть учебного заведения. Регулирование и задание закона изменения нагрузки возможно путем настройки преобразователей частоты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Model Course 7.08 Electro-Technical Officer. – London: IMO, 2014. – 175 с.

2. Тренажер судовой автоматизированной электроэнергетической системы / Н.И. Муха, А.О. Дранкова, В.Н. Волошин [и др.] // Авиационно космическая техника и технология, – 2011. – №9(86) – с. 207–211.

3. Головин Ю.К. Судовые электрические приводы, - М.: Транспорт, 1991, - 328 с.

4. Активный выпрямитель напряжения Altivar AFE. Руководство по выбору устройств рекуперации для ПЧ ATV61/71. Schneider Electric. 2010.–98с.

5. Активный выпрямитель напряжения, обеспечивающий возврат электроэнергии в сеть [электрон. ресурс] http://www.sia.by/sites/default/files/docs/se2/se2-1/altivar_afe_4q.pdf

АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ, ТЕНДЕНЦИЙ И ОСНОВНЫЕ СТРАТЕГИЧЕСКИЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ СУДОСТРОИТЕЛЬНОЙ И СУДОРЕМОНТНОЙ ОТРАСЛИ

[1]Агеев М.С., [2]Ляшенко Б.А.
[1]*Херсонская государственная морская академия (Украина)*
[2]*ИПП им. Г.С. Писаренко НАН Украины (Украина)*

Ведение. Географическое положение Украины определяет ее статус как транзитного государства с выходом к Азовскому и Черному морям, Придунайским и Приднестровским странам. Украина имеет морские порты с круглогодичной навигацией и разветвленную сеть внутренних водных путей с речными портами, через которые ежегодно переваливается миллионы тонн различных грузов. Грузопотоки связаны с морскими, речными, рыбными портами, нефтетерминалами, элеваторами, паромными переправами, внутренними водными путями через которые происходит перевалка грузов. Загруженность украинских портов составляет 30% — 50%. Тоннажа в стране не хватает, “львиная” доля грузов перевозится флотом иностранных компаний. Имеет место недоработка по привлечению грузопотоков из соседних стран Белоруссии, Молдавии, Приднестровья, а также Придунайских стран, стран СНГ. К примеру Белоруссия переваливает через порты Прибалтики до 4-х миллионов тонн хлористого калия. Практически остановился транзитный грузопоток с Придунайских стран. Сегодня Украина не располагает флотом, способным обеспечить транспортировку отечественных и транзитных грузов, идущих через украинские порты. Поэтому необходимо обратить серьезное внимание на деятельность портов в период нестабильной ситуации в стране.

Актуальность исследований. Судостроительная индустрия - это судостроительные заводы и судостроительная инфраструктура, научный потенциал и рабочие места. Развитие судостроительной отрасли и коммерческого флота - главная составляющая в развитии транспортной системы страны. Судостроение и эксплуатация судов должны приносить прибыль. Мировая практика судостроения и рынок фрахтования судов показывают это. Анализируя состояние отечественного судостроения, необходимо отметить, что оно располагает судостроительной базой, основу которой составляют судостроительные заводы (СРЗ). На данный момент в Украине работают Херсонский судостроительный завод, СРЗ в Николаеве, Одессе, Ильичевске, Мариуполе. Отсутствие портфеля заказов не дает руководству заводов вести работу по развитию производства и увеличению выпускаемой продукции. Большой процент импортного оборудования оказывает негативное влияние - увеличивает время на его установку и финансовые затраты. Мощности заводов по количеству выпускаемых судов занижены, не отработана в полном объеме блочная система сборки судна, не ведется поиск упрощения конструкций блоков и мега блоков. Увеличить мощности по выпуску судов возможно за счет модернизации и переориентации судостроительных заводов.

Постановка задач исследований. При формировании рынка грузоперевозок необходимо разработать комплекс мер, предусматривающих решение ряда вопросов в нескольких направлениях: определение грузопотоков и объема отечественных и транзитных грузов; анализ и прогнозирование тенденции роста объема грузопотоков; анализ рынка грузоперевозок и его влияние на формирование рынка тоннажа, прогноз и перспективы; исследование взаимодействия транспортных систем; определение перспектив по добыче и переработке морепродуктов; освоение морского шельфа и добыча энергоносителей на разрабатываемом шельфе (сроки, объемы, инвестиции и т.д.); развитие добывающего и перерабатывающего рыбопромыслового флота. Внедрение новых подходов при проектировании судов требуют модернизации и развития судостроительных и заводов судостроительной инфраструктуры.

Результаты исследований. В южной зоне Украины сконцентрированы основные мощности судостроительной и судоремонтной индустрии, порты, трудовые ресурсы, наука и учебные заведения. Небольшая отдаленность заводов друг от друга, превосходное транспортное сообщение между заводами: водное, железнодорожное, автомобильное дает им хороший шанс по концентрации и развитию производства, кооперации, развитию машиностроения и таких направлений, как литье, гальванизация, сварка и родственные поцессы. Разветвленная сеть судоремонтных заводов с технической базой и специалистами, специальных высших учебных заведений, профтехучилищ и морских школ может стать базой для развития подрядных организаций для изготовление и поставки на заводы необходимого оборудования и отдельных деталей. Все это снижает стоимость судна. Фундаментом в развитие судостроения и судоремонта является внедрение в производство новейших научных разработок. Научно-исследовательский потенциал судостроения и судоремонта способный обеспечить заводы современными проектами и разработками, как по строительству флота, так и реконструкции и модернизации заводов. 25 научно – исследовательских предприятий сосредоточены в городах Одессе и Николаеве. Анализ 90-х годов дает много позитивных ответов в развитии судостроения и судоходства, а также роли науки в развитии отрасли. Например, проектирование, строительство и эксплуатация паромной переправы Ильичевск-Варна, создание лихтеровозной системы Дунай – море, развитие отечественного рыбопромыслового флота и перерабатывающих фабрик, развитие рыбных портов, создание флота для смешанного «река — море» плавания. Необходимо постоянно помнить, что науку нельзя заморозить, а затем реанимироват, не должна теряться связь поколений по передаче научных знаний, практического опыта по разработке и внедрению перспективных проектов. Мысль не должна останавливаться ни на минуту, она должна работать постоянно, только тогда возможно получить результат, когда идет его поиск. Роль науки по выводу отрасли из кризиса является первостепенной, если не главной. Научный потенциал должен работать на опережение – предлагая свои идеи, проекты, разработки, технологии; постоянно приближать науку к решению всего комплекса накопившихся проблем, как в судостроении, так и во всей системе водного транспорта страны; формировать единые научно – производственные процессы по основным, приоритетным направлениям; непосредственно участвовать в реализации разработанных и принятых программ. Без научной базы не одна программа не может начаться, а тем более закончится. Анализ и прогноз – вот главное направление работы научных центров в условиях рынка. Развитие судостроения и пополнение флота требует комплексного решения кадрового вопроса. Подготовка кадров, как для флота, так и берега (имеется ввиду судостроение, судоремонт, порты, переправы, нефтетерминалы, элеваторы и т.д.) ведется в высших и средне – технических учебных заведениях. Инженерный состав готовят: академии и университеты, специалистов среднего звена: техникумы и мореходные училища.

Выводы. Рассмотрев ситуацию в судостроительной отрасли необходимо провести следующие мероприятия для ее развития: 1) выстроить систему контроля за техническим состоянием заходящих в порты судов в соответствии с международными требованиями; 2) создать условия для развития отечественного дизелестроения, строительства предприятий по выпуску антикоррозионных покрытий, изоляционных материалов и т.д.; 3) провести модернизацию заводов, отработать и внедрить причальный метод сборки, как наиболее дешевый — экономически и прост в эксплуатации – технически; сориентировать заводы на выпуск серийной продукции, что позволит совершенствовать технологические процессы и ускорит строительство судна; снизить простои судов, увеличить производительность труда при погрузочно-разгрузочных работах.

ПРОБЛЕМИ ПІДГОТОВКИ СУДОВИХ АВІАЦІЙНИХ ЕКСПЕРТІВ З РОЗСЛІДУВАННЯ ОБСТАВИН АВІАЦІЙНИХ ПОДІЙ ТА ІНЦИДЕНТІВ

Алєксєєв О.М.
Національний авіаційний університет (Україна)

Досвід виконання судових експертиз за матеріалами кримінальних справ, порушених у зв'язку з авіаційними подіями, показав що в авіаційно-транспортній системі часті випадки виникнення авіаційних подій у зв'язку зі значними упущеннями в нормативно - правовій базі, яка регламентує авіаційну діяльність, а порушувані в цих випадках кримінальні справи , як правило не мають перспективи судового розслідування.

Отже, кримінальної відповідальності за матеріальний збиток і можливі людські жертви ніхто не несе, а все обмежується адміністративною відповідальністю, яка заснована на висновках службового розслідування, не завжди збігається з висновками судової експертизи, в результаті чого виявляються постраждалими та посадові особи, не причетні до авіаційних подій .Що стосується судової експертизи, то тут вся увага зосереджена на вивченні початкової фази події, опис механізму ланцюга причинно - следственной зв'язку, яка формує безпосередню причину події.

Судова авіаційна експертиза у кримінальних справах наукомістка, і як правило, комісійна, а організація таких експертиз в даний час невирішена. Ці труднощі викликані тим, що в експертних установах України не існує підрозділів, які спеціалізувалися б у виконанні таких експертиз. У зв'язку з вищевикладеним виник корінне питання - створення структурних підрозділів/секторів у спеціальних експертних установах, які б здійснювали виконання судових авіаційних експертиз. Не маючи підготовки, авіафахівці найвищої кваліфікації можуть мимоволі допускати помилки не тільки оформлювального, але юридичного плану, виходячи за межі своєї компетенції. У кінцевому підсумку це компрометує виконане укладення і вимагає проведення додаткової або навіть повторної експертизи.

Повнота рішення роботи залежить от можливості створення спеціалізованої науково-дослідної лабораторії авіаційно-транспортних експертиз, завданнями якої стануть розробка наукової тематики та виконання відповідних досліджень, підготовка, перепідготовка, атестація і переатестація штатних і позаштатних експертів, виконання експертиз по резонансним авіаційним обставинам, накопичення, обробка, систематизація даних і встановлення відповідних закономірностей з метою вирішення профілактичних завдань, а так само вдосконалення бази нормативних документів.

Поки судова авіаційна експертиза продовжує залишатися відомчої та виконується із залученням фахівців авіаційного транспорту, неатестованих в якості експертів.

До поставленої проблеми пряме відношення має Генпрокуратура, Міністерство інфраструктури, Мін'юст, Міністерство внутрішніх справ, Служба безпеки України.

Хотілося б сподіватися, що наше спільне бажання і зусилля приведуть до того, що судова авіаційна експертиза отримає наукове визнання, і міцно займе місце у державних спеціалізованих експертних установах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Алєксєєв О.М. Автоматизація процесів управління безпекою польотів в аеронавігаційній системі. /Дис. канд.. техн.. наук/. К. НАУ, 2009 – 270 с.

МІЖПРЕДМЕТНІ ЗВ'ЯЗКИ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМПЕТЕНЦІЙ ТА МЕТОДИКА ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ КУРСАНТІВ

Букетов А.В., Акімов О.В.
Херсонська державна морська академія (Україна)

Впровадження та реалізації компетентнісного підходу до навчального процесу на кафедрі ЕСЕУ та ЗП здійснюється поетапно.

На першому етапі, в результаті роботи робочої групи до складу якої були залучені провідні викладачі кафедри, було проведено розподіл компетенцій згідно ПДМНВ між навчальними дисциплінами кафедри з урахуванням міжпредметних зв'язків. В результаті удосконалено навчальні та робочі плани підготовки за ОКР «бакалавр», «спеціаліст» та «магістр» з врахуванням кодексу ПДМНВ та модельних курсів ІМО 7.02 та 7.04. Також викладачами кафедри було перероблено навчально-методичні комплекси дисциплін, що викладаються. На другому – проведено переробку та перегляд вимог до змісту випускних робіт відповідно до компетентнісного підходу. На третьому етапі розглядали і вдосконалювали комунікативний підхід функціонування системи «викладач-студент».

Таким чином за усіма дисциплінами кафедри були встановлені чіткі внутрішньопредметні та міжпредметні зв'язки відповідно до стандартів підготовки, навчальних планів, а також встановлено зв'язки з лабораторно-тренажерною базою кафедри, що використовується під час проведення занять.

Слід відмітити, що практично усі навчальні дисципліни кафедри циклу професійної підготовки охоплюють лабораторні заняття або містять елементи тренажерної підготовки, що безумовно необхідно для забезпечення необхідного рівня компетенцій майбутніх фахівців з експлуатації суднових енергетичних установок. Лабораторні заняття, забезпечені наявним лабораторним устаткуванням та приладами, але разом з цим лабораторно-тренажерну базу кафедри ЕСЕУ та ЗП необхідно безперервно забезпечувати, підтримувати та поновлювати.

На прикладі навчальної дисципліни «Суднові дизельні установки та їх технічна експлуатація», яка викладається у циклі професійної підготовки, можна відстежити чіткі міжпредметні зв'язки між викладаємими дисциплінами. Блок-схему міжпредметних зв'язків наведено на рис. 1.

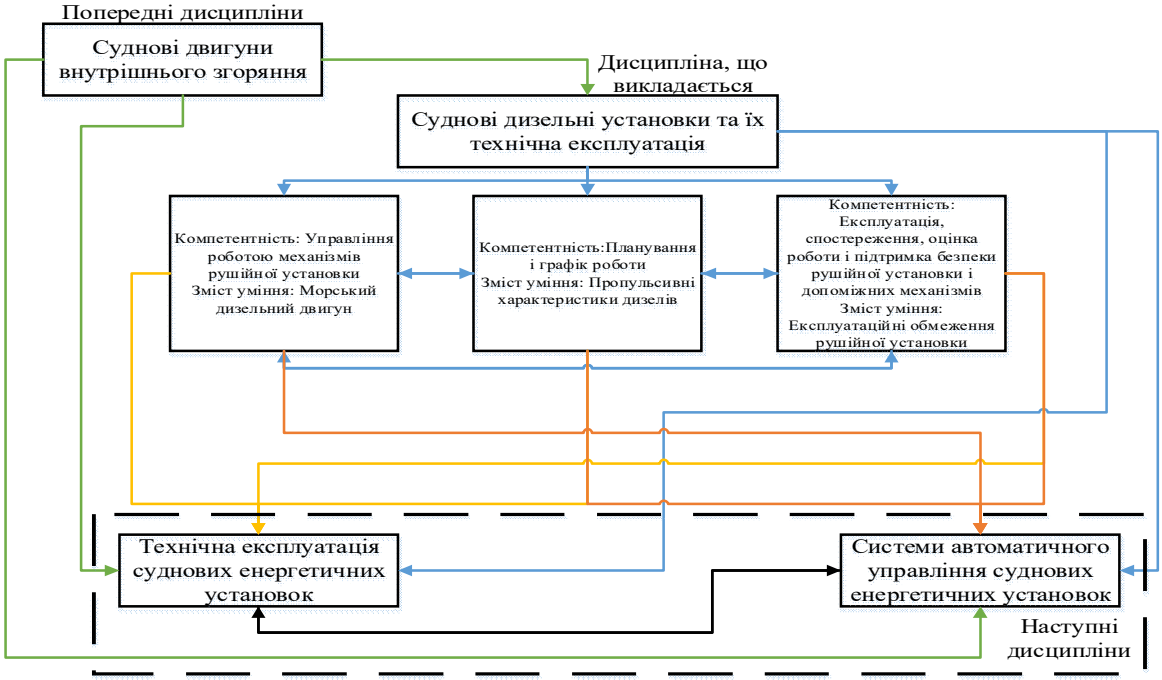


Рисунок 1. Блок-схема міжпредметних зв'язків дисципліни «Суднові дизельні установки та їх технічна експлуатація»

Особливу увагу слід звернути на порядок оцінювання результатів отриманих знань курсантів відповідно до вивченого змісту дисципліни, виконаного комплексу практичних та лабораторних робіт для забезпечення відповідних компетенцій.

Дисципліна «Суднові дизельні установки та їх технічна експлуатація» містить два модулі: перший – лекційний курс, лабораторні та практичні заняття, другий – виконання курсового проекту.

Перший модуль дисципліни складається з двох змістових модулів. Можливі поточні бали за виконання кожної лабораторної роботи, звіту з практичних занять, а також необхідна кількість балів для зарахування модуля наведені в таблиці 1.

Таблиця 1. Необхідна кількість балів для зарахування модуля

<table>
<tr><td colspan="13">Модуль 1.</td><td rowspan="13">Сума балів за модуль - 100</td></tr>
<tr><td colspan="6">Змістовий модуль 1 (50 балів)</td><td colspan="6">Змістовий модуль 2 (50 балів)</td></tr>
<tr><td colspan="12">Лекційні заняття (теоретичний матеріал) $(29)_{Т} + (11)_{Тс} = 40$ балів
Т – теоретичний лекційний матеріал (тестовий контроль знань студентів);
Тс – теоретичний матеріал для самостійного вивчення (складання конспекту за питаннями або темами, що вивчаються самостійно, реферати та ін.).</td></tr>
<tr><td colspan="6">$(5\times3)_{Т} + (1 + 2\times2)_{Тс} = 20$ балів</td><td colspan="6">$(5\times3)_{Т} + (2\times2+1)_{Тс} = 20$ балів</td></tr>
<tr><td>Т1</td><td>Тс1</td><td>Т2</td><td>Тс2</td><td>Т3</td><td>Тс3</td><td>Т4</td><td>Тс4</td><td>Т5</td><td>Тс5</td><td>Т6</td><td>Тс6</td></tr>
<tr><td>5</td><td>1</td><td>5</td><td>2</td><td>5</td><td>2</td><td>5</td><td>2</td><td>5</td><td>2</td><td>5</td><td>1</td></tr>
<tr><td colspan="12">Практичні заняття (27 балів) – П</td></tr>
<tr><td>П1</td><td>П2</td><td>П3</td><td>П4</td><td>П5</td><td colspan="2">П6</td><td colspan="2">П7</td><td colspan="2">П8</td><td>П9</td></tr>
<tr><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td colspan="2">3</td><td colspan="2">3</td><td colspan="2">3</td><td>3</td></tr>
<tr><td colspan="12">Лабораторні заняття (33 балів) – Лаб</td></tr>
<tr><td>Лаб1</td><td>Лаб2</td><td>Лаб3</td><td>Лаб4</td><td>Лаб5</td><td colspan="2">Лаб6</td><td colspan="2">Лаб7</td><td colspan="2">Лаб8</td><td>Лаб9</td></tr>
<tr><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td colspan="2">4</td><td colspan="2">4</td><td colspan="2">5</td><td>5</td></tr>
</table>

Виконання всіх практичних завдань на практичних заняттях та лабораторних робіт на лабораторних заняттях – обов'язкове!

Модуль 2. Курсове проектування			Сума балів за модуль
Пояснювальна записка	Графічна частина	Захист курсового проекту	
до 25	до 35	до 40	100

Виконання пояснювальної записки та графічної частини курсового проекту – обов'язкове!

При виконанні роботи з декількома незначними помилками оцінка знижується на 1-2 бали. При допущені грубих помилок робота повинна бути виконана повторно.

При виконанні і поданні звіту з лабораторної або практичної роботи до захисту пізніше встановленого терміну без поважних причин оцінка знижується на 1 бал за кожний тиждень після терміну захисту.

За кожне пропущене лекційне, лабораторне або практичне заняття без поважних причин можна нараховуватись по 1 штрафному балу.

Курсовий проект (модуль 2) виконується студентом впродовж семестру. Кількість залікових балів курсового проекту складає 60…100.

До захисту допускається повністю оформлена курсовий проект, виконаний у зазначений термін, за умови виконання усіх змістових модулів.

За всі контрольні заходи впродовж семестру студент може отримати від 0 до 100 балів. Оцінка знань студентів залежно від набраної суми балів формується відповідно до шкали, у якій наведено відповідність між набраними балами, оцінкою ECTS та традиційною системою.

Поточний контроль виконання етапів курсового проекту виконується за змістовими модулями, наведеними у таблиці 2.

Таблиця 2. Склад, обсяг, терміни виконання та оцінювання змістових модулів курсового проекту

№ зміст. модуля КП	Сума залікових балів	Найменування змістовних модулів (етапів курсового проекту)	Розподіл навчального часу, години	Термін виконання, тиждень
1.	3...5	Вступ	4	I
2.	9...15	Побудова навантажувальної характеристики дизеля з газотурбінним наддуванням	4	VI-VII
3.	9...15	Побудова гвинтової характеристики дизеля з газотурбінним наддування	4	VII-VIII
4.	9...15	Побудова зовнішньої характеристики дизеля з газотурбінним наддуванням	4	IX-XI
5.	9...15	Аналіз системи СДЕУ та особливостей її технічної експлуатації	6	XI-XIII
6.	9...15	Виконання креслень характеристик дизеля (навантажувальних, гвинтових та зовнішніх) та системи СДЕУ	16	XIII-XVII
7.	6...10	Оформлення розрахунково-пояснювальної записки	16	XVII-XVIII
8.	6...10	Захист курсового проекту	-	XVII-XVIII
	60...100	Всього за семестр	54	

Для забезпечення компетенцій необхідною умовою є активізація самостійної роботи та самоконтролю знань курсантів. Самостійне опанування зазначених у робочій навчальній програмі дисципліни тем для самостійного вивчення (теоретичного матеріалу та підготовки до практичних та лабораторних занять) забезпечить необхідні компетенції майбутнього фахівця. Але це можливо лише при проведенні своєчасного контролю виконання самостійної роботи курсантів з боку викладача.

Одним з методів самоконтролю для студентів є, наприклад, тестовий контроль знань, який проводиться для закріплення вивченого матеріалу після кожного тематичного блоку дисципліни.

При тестуванні за теоретичним матеріалом можливе як складання тестів за окремими тематичними блоками дисципліни (проміжне тестування), так і комплексне тестування (підсумкове тестування). Тестування можна проводити як у аудиторіях після вивчення певного лекційного блоку, так і самостійно для закріплення вивченого матеріалу.

Актуальним є також створення комплексних тестів, що поєднуватимуть зв’язані між собою дисципліни з доданням питань, що стосуються особливостей експлуатації та обслуговування СЕУ.

Висновок. Таким чином наведені поетапна програма впровадження та реалізації компетентнісного та комунікативного підходу до навчального процесу на кафедрі ЕСЕУ та ЗП. На прикладі навчальної дисципліни професійного циклу підготовки «Суднові дизельні установки та їх технічна експлуатація» розглянуто міжпредметні зв’язки та їх вплив на забезпечення компетенцій майбутніх фахівців з експлуатації суднових енергетичних установок. Представлено можливий порядок оцінювання результатів отриманих знань курсантів відповідно до вивченого змісту дисципліни, виконаного комплексу практичних та лабораторних робіт для забезпечення відповідних компетенцій.

РІВНІ ДОМАГАНЬ СТУДЕНТІВ-ДИСПЕТЧЕРІВ НА БАЗІ ГОРИЗОНТАЛЬНОЇ ПОВЗДОВЖНЬОЇ НОРМИ ЕШЕЛОНУВАННЯ 30 КІЛОМЕТРІВ

Борсук С.П.
Національний авіаційний університет (Україна)

Вступ. Керування повітряним рухом завжди було складним процесом і на сьогоднішній день він не спрощується, що зумовлене здебільшого науково-технічним прогресом. Для нього актуальним є питання профілактики авіаційних пригод за людським чинником шляхом формування високого рівня професійної підготовки персоналу, зокрема авіаційних операторів «переднього краю» (авіадиспетчерів (А/Д) і пілотів).

Актуальність. Виявлення ставлення А/Д до порушення норм ешелонування повітряного простору є актуальним напрямом досліджень в напрямку професійної підготовки персоналу з огляду на збільшенням обсягів повітряних перевезень. Проведення відповідних досліджень має ураховувати основні концепції безпеки польотів, сформульовані ІКАО [1; 2]:

a) нульовий рівень авіаційних пригод або серйозних інцидентів;
b) відсутність факторів загрози або небезпек;
c) уникнення помилок внаслідок виявлення джерел небезпеки та контролю факторів ризику;
d) ступінь, до якої притаманний авіації ризик є «прийнятним»;
e) відношення співробітників авіаційних організацій до небезпечних дій або умов;
f) дотримання нормативних положень;
g) недопущення втрат в результаті авіаційних пригод.

Слід зазначити, що вивчення ролі людського чинника в авіаційних пригодах та інцидентах узагальнене ІКАО у відповідному циркулярі [3]. Для проведення дослідження такого було обрано вивчення рівня домагань (РД) [4, 5] оператора керування повітряним рухом на характеристиках та показниках професійної діяльності.

Постанова завдання. Метою цієї публікації є визначення РД студентів-А/Д за умов порушення повітряними судами (ПС) норми ешелонування у 30 кілометрів.

Результати досліджень. До досліджень були залучені 129 студентів-А/Д 4-го - 5-го курсів Національного авіаційного університету (м. Київ) та Кіровоградській льотній академії. Кожному випробуваному було запропоновано визначити рівень корисності норми ешелонування *S=30 km* із кроком у один кілометр на шкалі із граничними значеннями [-100, +100]. Досліджувана норма ешелонування S=30 km використовується в диспетчерських районах (СТА, ТМА) при перетині рівня зустрічних треків в момент перетину занятого рівня в момент перетину рівня (без урахування поздовжнього інтервалу) при умові відсутності сходження трекерів.

Для кожного опитуваного було знайдено відстань між ПС із найбільшою різницею між сусідніми точками на графіку. Ця відстань представляє РД опитуваного. В результаті були отримані дані про відношення студентів А/Д до відстаней між ПС для розглянутої норми ешелонування. Результати у графічному вигляді представлено на рисунку 1.

Аналіз отриманих результатів. Очевидну закономірність слід одразу зазначити після аналізу отриманого графіку. Ця закономірність – наявність двох пікових точок, яскраво вираженої глобальної та менш вираженої локальної. локальна пікова точка розташована для відстані в 16 км., а глобальна пікова точка розташовані для відстані у 30 км. Локальний пік менший за глобальний, але його теж можна виділити у ряду даних.

Ця закономірність свідчить про наявність стабільної, узгодженої та впевненої думки опитуваних.

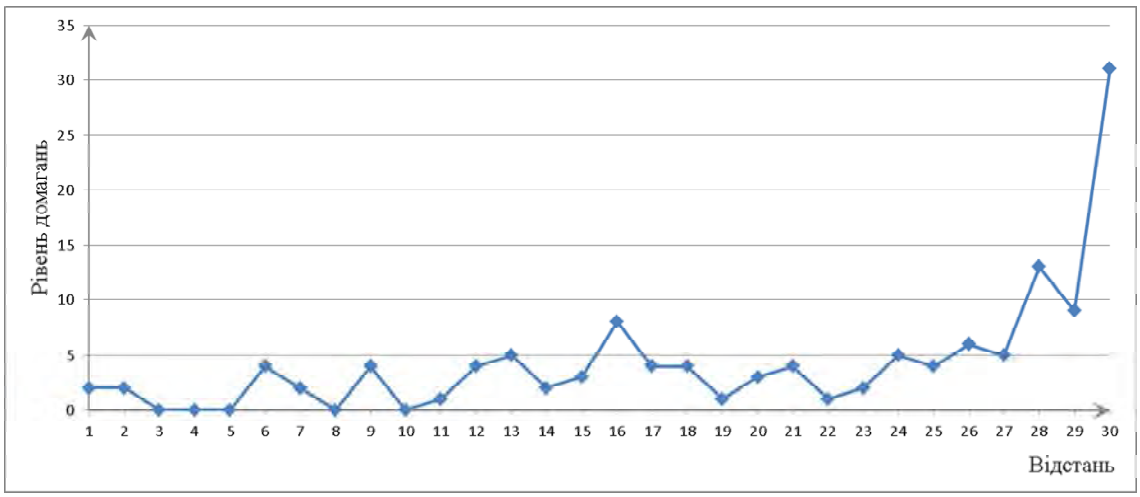


Рисунок 1. Відношення студентів А/Д до відстаней між ПС для норми ешелонування повітряного простору *S=30 km*:

Висновки. Отримані результати дозволяють стверджувати, що студенти-А/Д мають узгоджене уявлення про ступені корисність кожної відстані між ПС, для норми ешелонування *S=30 km*. Також для РД виявлені дві пікові точки (локальна та глобальна), що свідчить про якісне розрізнення опитуваними РД для різних відстаней між ПС.

Подальші дослідження слід проводити у напрямку порівняння результатів із іншими, отриманими в такий самий спосіб про інші норми ешелонування. Цікавим також було б побудувати двомірну площину та трьохмірний простір для комбінацій існуючих норм ешелонування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Зиньковская, С. М. Понимание концепции управления безопасностью полетов и концепция риска [Текст] / С. М. Зиньковская // Актуальные вопросы психологии в области человеческого фактора: м-лы второй междун. науч.-практ.конф., Екатеринбург, 20-22 марта 2008 г. / ГОУ ВПО «Урал. гос. пед. ун-т»; ГОУ ВПО «Урал. ин-т гос. противопож. службы». – Екатеринбург, 2008. – С. 3-8.

2. Руководство по управлению безопасностью полетов (РУБП): Doc. ICAO 9859 – AN / 474. – Изд-е 3-е. - Монреаль, Канада, 2013.

3. Изучение роли человеческого фактора при авиационных происшествиях и инцидентах // Человеческий фактор: Сборник материалов № 7.- Циркуляр ИКАО 240-AN/144. - Монреаль, Канада, 1993.- 76 с.

4. Hoppe F. Erfolg and Misserfilg / F. Hoppe // Psychol. Forsch, 1930, Bd. 14, p. 162.

5. Уровень притязаний / К. Левин, Т. Дембо, Л. Фестингер, П. Сирс // Психология личности: тексты. – М. : МГУ, 1982. – С. 86–92.

ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ ТРЕНАЖЕРНОГО НАВЧАННЯ ПРИ РЕАЛІЗАЦІЇ КОМПЕТЕНТНІСТНОГО ПІДХОДУ

Васильченко Г.Ю.
Херсонська державна морська академія (Україна)

Актуальність теми: Згідно положень Міжнародної конвенції про підготовку і дипломування моряків та несення вахти (Кодекс ПДНВ) 1978 року і поправок до неї основними критеріями придатності фахівця до виконання своїх посадових обов'язків є підтверджений стаж роботи або перевірка компетентності на тренажерах, що передбачається Правилом I/12 Використання тренажерів [1].

Матеріали і методи дослідження: Питання оптимізації керування пізнавальною діяльністю розглянуті досить докладно в численних дослідженнях при кібернетичному аналізі навчального процесу (роботи В.В. Давидова, П.Г. Лузана, В.Є. Мільмана й ін.). У них стверджується, що найважливіший момент керування процесом навчання — забезпечення нормального функціонування каналів прямого і зворотнього зв'язку.

Інформаційний процес керування пізнавальною діяльністю учня може бути представлений як сукупність чотирьох процесів: пред'явлення учням навчальної чи методичної інформації; аналізу і класифікації інформації, що надходить від учня; обробки інформації про характер протікання цих обмінних процесів; керування ходом трьох попередніх процесів.

Розглядаючи тренажери як сукупність функціональних блоків, що складаються з технічних пристроїв і дидактичних матеріалів, слід оцінювати їхні дидактичні можливості з двох позицій: створення умов для найбільш повної реалізації змісту навчання; поліпшення функціонування каналів прямого і зворотного зв'язку. Наукові дослідження [2,4] і практика застосування тренажерів показують, що ці задачі досить повно вирішуються, якщо в тренажері маються наступні функціональні блоки: пред'явлення навчальної інформації; уведення; аналізу характеру і якості навчальної діяльності; керування.

Блок **пред'явлення** навчальної інформації покликаний забезпечувати учня інформацією, необхідною для виконання навчальної діяльності. При цьому пред'явлена інформація повинна носити різний характер (методичний, мотиваційний, проблемний). Повноту здійснення функції блоку пред'явлення варто визначати по наявності різних засобів і, пристроїв. До них відносяться пристрої, що моделюють об'єкти праці і трудові процеси, аудіовізуальна апаратура, картки-завдання й інші матеріали.

Блок **уведення** являє собою сукупність технічних пристроїв і пристосуваннь, що забезпечують можливість виконання навчальних дії на основі отриманої інформації. До них відносяться, наприклад, органи керування технічною системою (важелі, кнопки, тумблери, перемикачі і ін.) комп'ютерні програми, що дозволяють учню дати вибіркову відповідь чи одержати консультацію й ін.

Блок **аналізу** — це сукупність технічних пристроїв і додаткових матеріалів, що дозволяють здійснювати контроль і аналіз якості проміжних і кінцевих результатів діяльності й успішності тренажерного навчання в цілому. На стендах для діагностування суднових систем та механізмів це прилади для вимірювання показників параметрів, які перевіряються.

Повноту здійснення функції аналізу характеру і якості навчальної діяльності варто визначати по наявності приладів, що забезпечують виявлення рівня і якості сформованості дій. Сюди можна віднести, наприклад, систему датчиків, самописи, візуальні індикатори на пультах керування (прилади, табло, лампи й ін.).

Про повноту виконання функції блоку **керування** варто судити по наявності засобів, що забезпечують керування функціонуванням усіх трьох блоків у єдиній навчальній системі.

Важливою ознакою класифікації за принципом дидактичних можливостей є - наявність у тренажері того чи іншого функціонального блоку, що характеризує рівень потенційних дидактичних можливостей тренажера. Рівень же дидактичних можливостей окремого блоку визначається, у свою чергу, наявністю пристроїв для забезпечення комунікативних функцій. Мінімально необхідна умова виділення класифікаційної групи тренажерів — сполучення функції пред'явлення (забезпечує прямий зв'язок) з функцією введення (забезпечує частковий зворотний зв'язок) [5]. Таким чином, до першої класифікаційної групи відносяться тренажери, що мають блоки пред'явлення і введення.

Якщо до тренажерів першої групи додати блок аналізу характеру і якості навчальної діяльності, то дидактичні можливості їх розширяться і вони утворять другу групу.

Подальше розширення дидактичних можливостей тренажерів як засобу навчання може бути досягнуто доповненням функціональної структури блоком керування. По ознаці дидактичних можливостей це буде третя група тренажерів.

Дидактичні можливості технічних засобів навчання, які дозволяють здійснювати керування активною пізнавальною діяльністю необхідно оцінювати з двох позицій:

- чи дозволяють вони реалізувати в навчальному процесі сучасні наукові рекомендації по активному засвоєню учбової інформації;
- чи сприяють вони кращому функціонуванню в системі каналів прямого та зворотнього зв’язку.

Висновки: Заняття з використанням тренажерів повинне складатись з декількох етапів: організаційного, основного і заключного. На кожному з цих етапів учень виконує певну навчальну діяльність, котра включає три вида дій: орієнтовну, виконавчу і контрольну.

В ході виконання орієнтовних дій учні отримують необхідні відомості про мету і завданнях на даному етапі, згадують відомості з будови і призначення системи, обирають шлях (технологію діагностування), методи в засоби для їх досягнення, складають для себе план діяльності. Переходячі до виконавчих дій, кожен студент виконує по цьому плану всі навчальні завдання, які розроблені та передбачені програмою на цьому етапі.

За допомогою контрольних дій учень оцінює характер і якість виконання орієнтовних та виконавчих дій і при потребі вносе в них корективи.

Таким чином випускники академії повинні бути готовими до перевірки компетенції на тренажерах і цей процес повинен будуватись на виконанні певних психолого-педагогічних вимог.

ЛІТЕРАТУРА

1. Конвенція ПДМНВ 1978, 2014 р.р.(офіційний переклад)

2. Давыдов В.В. Теория развивающего обучения. - М.: ИНТОР, 1996.-544с.

3. Лузан П.Г. Методичні аспекти формування пізнавальних здібностей студентів // Нові технологи навчання: Наук. - метод, зб. / Кол. авт. - К.: Наук, метод, центр вищої освіти, 2003.-Вип.. 35.-С. 6-20.

4. Мильман В.Э. Компоненты и уровни в функциональной структуре деятельности // Вопросы психологии. - 1991. - № 1. - С. 71-80.

5. Прядехо А.А. Алгоритм развития познавательных способностей учащихся // Педагогика. - 2002. - №3. - С. 8-15.

ВОССТАНОВЛЕНИЯ ВАЛОВ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЬНЫХ ГЕНЕРАТОРОВ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНЫМ ПРИПЕКАНИЕМ ПОКРЫТИЙ ДИСКРЕТНОЙ СТРУКТУРЫ

[1]Волков Ю.В., [2]Агеев М.С., [3]Соловых Е.К.
[1]*Одесская национальная морская академия (Украина)*
[2]*Херсонская государственная морская академия (Украина)*
[3]*Кировоградский национальный технический университет (Украина)*

Введение. Эффективное использование судовых дизельных генераторов (ДГ) в значительной степени зависит от их технического состояния. К настоящему времени большинство судов находится в эксплуатации более 20 лет, поэтому объемы ремонтных работ для поддержания их работоспособности с каждым годом увеличиваются. При этом, на запасные части приходится основная доля затрат (40…75%) в себестоимости капитального ремонта ДГ. Использование восстановленных деталей позволяет уменьшить расходы судоремонтных предприятий на запасные части. Поэтому, создание прогрессивных технологических процессов восстановления деталей ДГ при одновременном продлении их ресурса – актуальная задача, которая поможет сделать судоремонтное производство рентабельным.

Актуальность исследований. Одной из проблем ремонтного производства ДГ является восстановление и упрочнение распределительных и коленчатых валов, которые являются деталями низкой жесткости. Способы повышения ресурса валов, как наиболее дорогостоящих деталей, достаточно изучены, отработаны и продолжают совершенствоваться. Однако, несмотря на большой объём выполненных исследований и проведённых экспериментальных работ, к настоящему времени проблема повышения ресурса валов ДГ и других деталей типа “вал” судовых машин и механизмов (СММ) остается весьма актуальной.

Цель исследований. Восстановление и повышение механических свойств валов судовых дизельных генераторов износостойкими покрытиями.

Результаты исследований. Среди существующих способов восстановления и упрочнения деталей типа “вал” наибольшую часть в судоремонте занимают сварочные технологии. С помощью сварки и наплавки восстанавливаются изношенные поверхности валов путем нанесения на их рабочие поверхности покрытий, которые противодействуют абразивному, коррозионному и другим видам износа и разрушения. При этом используются способы электродуговой, газовой. плазменной, индукционной наплавки, а также газотермического напыления, гальванические и химико-термические методы. Однако, перечисленные методы не всегда обеспечивают формирование бездефектной структуры износостойкого покрытия.

Перспективным и эффективным средством решения этой задачи является восстановление м упрочнение деталей износостойкими покрытиями дискретной структуры. Суть принципа формирования этих покрытий состоит в том, что традиционный сплошной слой покрытия заменяется прерывистым слоем мозаично-дискретной структуры. Однако электроискровым и вакуум-плазменным методами нанесения дискретных покрытий невозможно восстановить детали со значительной величиной износа (больше 1 мм). Эти методы используются в основном при упрочнении деталей.

Из широкого спектра современных методов инженерии поверхностей восстанавливать детали с величиной износа более 1 мм позволяют электроконтактные методы. Электроконтактными методами получают покрытия с высокой прочностью сцепления 150 ... 220 МПа и пористостью до 5%. Преимуществами этих методов являются низкая энергоемкость процесса, высокая производительность, отсутствие излучения и газовыделения, минимальные припуски на финишную обработку. При этом температура

восстанавливаемой детали не превышает 60...80^{0}С, отсутствует термическое коробление и поводки детали, что очень важно при реставрации таких деталей, как валы. Нанесение покрытий осуществляется в твердой фазе, температура материала покрытия знаходится в пределах 0,9...0,95$T_{пл.}$ т.е. сохраняются первоначальные свойств материала покрытия. Однако, широкое применение метода электроконтактного припекания в ремонтном производстве ограничивается неравномерностью нагрева восстанавливаемой поверхности и наносимого материала покрытия по сечению, что приводит к ухудшению эксплуатационных свойств восстановленных деталей. Основной недостаток технологии - краевой эффект, который приводит к неравномерному распределению температуры и давления по ширине электрода. Следствием этого является неоднородная пористость покрытия, максимальная в зонах кромки электрода, а также неравномерность адгезионной прочности со снижением ее в зоне кромки. Нанесение покрытий дискретной структуры позволяет устранить краевой эффект, который имеет место при восстановлении деталей электроконтактным методом. Размеры и конфигурацию отдельных участков покрытия (рис.) устанавливали из условия минимизации уровня напряженно-деформированного состояния при силовых воздействиях на него.

а б

Рисунок. Примеры участков распределительных (а) и коленчатых (б) валов дизельного генератора ДГ "SKODA S160" с покрытиями дискретной структуры, полученными электроконтактным методом

В результате теоретических и экспериментальных исследований установлены параметры процесса электроконтактного припекания дискретных покрытий (ЭКПДП): давление, удельное электросопротивление, сила тока, время импульсов тока и пауз между ними. Проведено сравнение распределения давления и температуры при нанесении покрытий дискретной и сплошной структуры. Исследованы износостойкость, адгезионно-когезионную прочность, пористость, микротвердость, микроструктура и состав покрытий, полученных по разработанной технологии ЭКПДП в зависимости от режимов. Разработаны математические модели ЭКПДП и оптимизирована технология восстановления дискретными покрытиями, полученными электроконтактным методом.

Выводы. Разработан электроконтактный метод восстановления деталей типа «вал» покрытиями дискретной структуры, определены геометрические параметры дискретов из условий минимизации напряженно-деформированного состояния системы «покрытие-деталь». На основе теоретических и экспериментальных исследований разработана технология нанесения износостойких дискретных покрытий электроконтактным методом на детали типа «вал», проведены лабораторные и стендовые испытания восстановленных деталей. Разработаны практические рекомендации по использованию результатов исследований при восстановлении валов судовых дизельных генераторов электроконтактным припекаем покрытий дискретной структуры.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПАКЕТА ПРОГРАММ ФИРМЫ AVL ПРИ ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ

Врублевский А.Н.
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет (Украина)

С 2012 года кафедра ДВС ХНАДУ является участником программы партнерства фирмы AVL. Партнерство заключается в предоставлении для некоммерческого использования учебными заведениями программных продуктов AVL BOOST, HYDSIM, FIRE, EXCITE, CRUISE. Указанные программы созданы для моделирования процессов, происходящих в силовых установках транспортных средств. Они используются ведущими фирмами-производителями автомобильной техники, двигателей внутреннего сгорания различного назначения. Последние версии программных продуктов позволяют моделировать процессы в альтернативных и гибридных силовых установках с топливными элементами либо аккумуляторами.

Исчерпывающая, ассоциативная поисковая система, наличие библиотеки с примерами расчетных моделей объектов моделирования различного типа и назначения позволили в короткий промежуток времени сотрудникам и аспирантам кафедры ДВС ознакомиться с особенностями работы с программами, подготовить методическое обеспечение.

При подготовке бакалавров, специалистов и магистров специальности «двигатели внутреннего сгорания» использование пакета программ AVL позволило на качественно новом уровне организовать преподавание специальных дисциплин «Перспективы развития ДВС», «Теория горения», «САПР ДВС», «Современные методы проектирования и исследования ДВС», «Системы ДВС» и др. Так, например, при изучении топливных систем ДВС на практических занятиях используется программа HYDSIM, в которой рассматриваются различные условия работы топливной аппаратуры Common Rail.

Другим направлением является использование программ AVL при выполнении студентами квалификационных работ. И если в первый и второй годы действия договора о сотрудничестве успешно решались задачи, поставленные в магистерских работах, то в в дальнейшем накопленный опыт применяется при выполнении дипломных работ бакалавров и специалистов. Следует отметить работы, выполненные по тематикам научным направлениям кафедры – снижение расхода топлива и токсичности отработавших газов высокооборотного дизеля путем совершенствования процессов топливоподачи, смесеобразования и сгорания; разработка силовой установки для спортивного автомобиля ХАДИ-34 участника соревнований на экономичность Shell Eco-Maraphon. Последняя указанная работа заняла первое место на всеукраинском конкурсе студенческих работ по специальности «двигатели и энергетические установки».

Третьим направление является использование программ при подготовке кандидатских и докторских диссертационных работ. Направлениями таких работ являются – проектирование и совершенствование микролитражного двигателя с принудительным воспламенением; разработка методик диагностики топливной аппаратуры; совершенствование процессов смесеобразования и сгорания дизелей; разработка метода демпфирования крутильных колебаний коленчатого вала; применение газовых топлив в транспортных силовых установках; совершенствование методологий непосредственного впрыскивания и расслоения заряда для двухтактных и четырехтактных двигателей с искровым зажиганием.

Результаты применения программ AVL при решении различных задач исследований опубликованы в совместных со студентами статьях, докладывались на конференциях и конгрессах. В том числе на конференции пользователей программных продуктов AVL, организуемой фирмой-разработчиком.

ІНТЕГРОВАНІ МОДУЛІ ФІЗИКИ ТА ЗАГАЛЬНОТЕХНІЧНИХ ДИСЦИПЛІН ЯК ЗАСІБ РЕАЛІЗАЦІЇ КОМПЕТЕНТНІСНОГО ПІДХОДУ У ПІДГОТОВЦІ СУДНОВОГО МЕХАНІКА

Дендеренко О.О.
Морський коледж Херсонської державної морської акамемії (Україна)

Сучасний розвиток технічного обладнання суднової енергетичної установки вимагає для його обслуговування інтелектуально і професійно розвиненого, мобільного фахівця. Зміни в нормативній документації Міжнародної організації моряків ІМО, прийняті в 2010 році і відображені в Конвенції з дипломування моряків та несення вахти (ПДНВ-2010), передбачають внесення змін в планах підготовки морських навчальних закладів. При цьому результатом підготовки є компетентний і конкурентно-здатний фахівець морського флоту, що вміє приймати правильні рішення і виконувати схвалені дії в різних ситуаціях на судні стосовно експлуатації обладнання та збереження вантажу, й управління роботою підлеглих осіб, включаючи збереження життя всіх членів екіпажу.

Розв'язати зазначені завдання можна в процесі реалізації компетентнісного підходу до підготовки фахівців у морському ВНЗ. При цьому поняття «компетентність» виступає як первинне поняття в оновленні змісту навчання, оскільки має інтеграційну природу, органічно поєднуючи професійні знання, навички та особистісні якості фахівця.

Про компетентнісний підхід до формування змісту освіти зазначено в Державних стандартах освіти та Законі України «Про вищу освіту» (від 01.07.2014 №1556-VII), що, в свою чергу, передбачає внесення змін до навчальних планів морських навчальних закладів чи їх переформатування.

Внаслідок цього підхід до організації навчального процесу переорієнтовується з предметно центрового до компетентнісного. При чому завершення вивчення модуля (дисципліни) передбачає обов'язкове оцінювання рівня сформованості компетентності чи вмінь та навичок. Основними складовими таких модулів стали змістові модулі, які лягли в основу навчальних планів спеціальностей.

Відповідно стандарту підготовки суднового механіка спеціальності «Експлуатація суднових енергетичних установок» (рівня молодшого спеціаліста) передбачено формування професійної компетентності, яка складається з 56-ти професійних вмінь, які згруповані у 17 компетентностей та покладені в основу компетентнісної моделі підготовки майбутнього суднового механіка, яку можна представити за допомогою наступної таблиці.

Таким чином модульний навчальний план підготовки молодших спеціалістів спеціальності «Експлуатація суднових енергетичних установок» у морському коледжі має включати 17 професійних модулів-блоків (56 змістовних модулів) та ряд модулів соціально-гуманітарного спрямування.

Внаслідок проведеної роботи нами було виокремлено в структурі моделі підготовки суднового механіка основні чотири напрямки, основою яких стали інтеграційні процеси фізики та техніки. Умовно їх можна назвати «механічний», «тепловий», «гідравлічний» та «електричний». Говорити про якісне формування професійної компетентності майбутнього суднового механіка можна лише при комплексному підході до впровадження зазначених напрямків. Аналіз кожного з інтеграційних напрямків нами

був розглянутий окремо, матеріали оприлюднювались на науково-практичних конференціях та у наукових збірках.

При комплексному розгляді зазначеної проблеми необхідно враховувати інтеграційні процеси за всіма напрямками. Спрощену узагальнену структуру навчального плану можна представити у вигляді схеми (рис. 1).

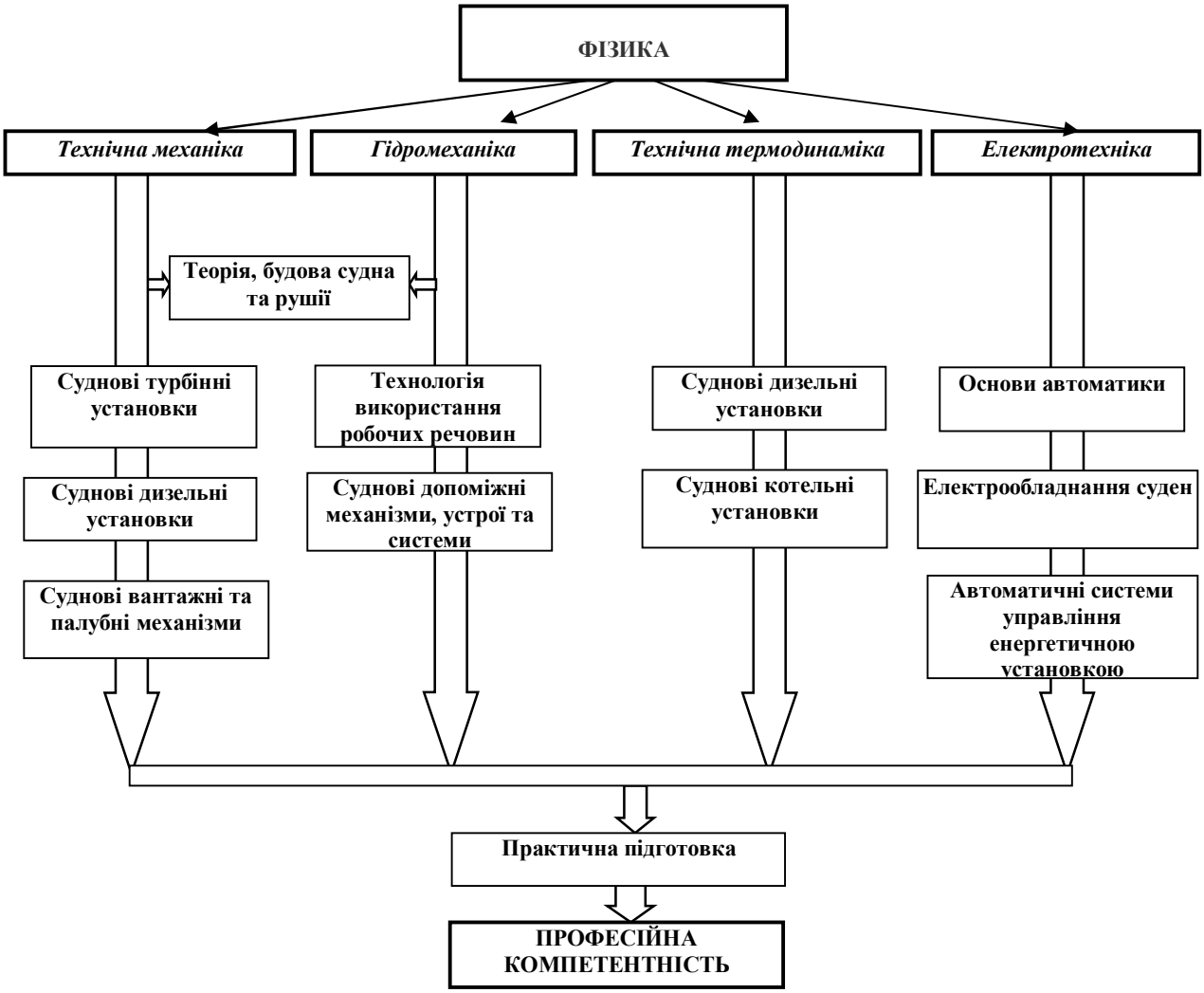


Рисунок 1. Блок-схема узагальненої структури навчального плану

Таким чином узагальнено можна стверджувати, що фізичні знання є базисом формування професійної компетентності суднового механіка.

З огляду на вище зазначене, враховуючи інтеграційну структуру змістовних модулів загально технічного рівня та беручи за основу структуру компетентнісної моделі суднового механіка можна зробити підсумок, що фізичні знання лежать в основі формування професійної компетентності майбутнього суднового механіка.

Дане питання є перспективним для дослідження та вивчається нами в контексті дисертаційної роботи.

РЕАЛІЗАЦІЯ МІЖПРЕДМЕТНИХ ЗВ'ЯЗКІВ НА ЗАНЯТТЯХ З ФІЗИКИ У ПРОЦЕСІ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ СПЕЦІАЛІСТІВ ТРАНСПОРТНОЇ ГАЛУЗІ

Дубовик Л.П.
Херсонський державний університет (Україна)

Постановка проблеми. Якість підготовки сучасного фахівця залежить від глибини засвоєння ним наукових основ сучасного виробництва та провідних напрямів його інтенсифікації. Між тим основою сучасного виробництва виступають електроніка, електротехніка, автоматика, біотехнологія, сучасні інформаційні технології тощо, що базуються на фізичних законах. Адже розвиток науки супроводжується міжнауковими зв'язками, які у процесі навчання та виховання майбутніх фахівців виявляються в міжпредметних зв'язках навчального плану. Особливо це стосується навчального плану вищого навчального закладу, де відбувається підготовка інженерів-педагогів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У своїй роботі ми враховували слушну думку А.П. Сейтешева про те, що «діяльність інженера-педагога пов'язана з такою складною сукупністю властивостей і взаємозв'язків, як людина-людина, людина-техніка, людина-знакова система, людина-природа. І об'єкт діяльності інженера-педагога – двоякий: з одного боку – предмети і засоби виробничої праці, з іншого – учні, що оволодівають робочою професією» [1, С. 301].

Мета роботи: визначити умови реалізації міжпредметних зв'язків.

Результати дослідження. З метою підвищення ефективності навчально-виховного процесу на основі використання міжпредметних зв'язків ми:
- детально вивчили навчальний план з метою визначення переліку споріднених дисциплін;
- ознайомилися з робочими програмами споріднених дисциплін з метою встановлення характеру міжпредметних зв'язків та усунення дублювання навчального матеріалу;
- здійснили розробку робочої програми з дисципліни «Фізика»;
- намітили міжпредметні зв'язки з іншими предметами навчального плану;
- узгодили зміст та шляхи реалізації міжпредметних зв'язків з викладачами, що викладають споріднені дисципліни.

Під час вивчення дисципліни «Фізика» реалізуються супутні (протягом першого – третього семестру) та перспективні міжпредметні зв'язки. Слід зауважити, що перспективні міжпредметні зв'язки, які базуються на вивченні одного і того самого об'єкту, на використанні однієї і тієї самої теорії, одного і того самого наукового методу в різних дисциплінах, у значному ступені визначають задачі дисципліни.

У процесі професійної підготовки інженерів-педагогів нами використовуються такі шляхи реалізації міжпредметних зв'язків:
- відбір матеріалу для лекційного курсу з урахуванням вимог до майбутньої професійної діяльності інженера-педагога;
- диференціація змісту лабораторних робіт, самостійної підготовки та індивідуальних завдань за професійною спрямованістю;
- залучення студентів до виконання пошуково-дослідних робіт із кількох споріднених дисциплін.

Під час відбору матеріалу для лекційного курсу ми виходили з того що фізика вивчає найбільш прості і разом з тим найбільш загальні форми руху матерії (механічні, атомно-молекулярні, гравітаційні, електромагнітні, ядерні). Студентів навчаємо переходити від загальних законів і положень до конкретних практичних їх застосувань як протягом навчання у вищому навчальному закладі, так і у наступній професійній діяльності. Для цього на лекції перед студентами ставимо питання, формулюємо задачі між предметного змісту з такими дисциплінами як «Автомобілі», «Гідравліка та приводи

транспортних машин», «Теплотехніка та теплові машини (транспорт)», «Електричне та електронне обладнання автомобіля» та ін.

Зокрема, на початку лекції «Сили тертя» звертаємося до студентів із питанням: «Якщо Вам необхідно зупинити машину, що слід зробити: різко натиснути на педаль гальма чи заклинити колесо?», на лекції «Кінематика і динаміка твердого тіла» - «На деяких європейських гоночних автомобілях двигун стоїть не спереду, а посередині. Чому? Які переваги має таке розташування?», на лекції «Оптика» - «Чому протитуманні фари автомобіля роблять жовтого кольору?» тощо.

Реалізації міжпредметних зв'язків сприяє ознайомлення студентів на заняттях з фізики із науково-технічними новинками та їх використанням у різних галузях народного господарства. Наприклад, при вивченні теми «Природа електропровідності» слід розповісти про принципово новий спосіб виготовлення електродвигуна без механічного колектору та контактів, що іскрять, розроблений А.А.Дубенським.

Особливу увагу при вивченні фізики надаємо проблемам енергозбереження. Розглядаємо такі напрями зменшення енергозатрат на виробництво продукції тваринництва як енерго- і ресурсозберігаючі технології, утилізація тепла, використання відновлювальних і нетрадиційних джерел тепла.

Під час вивчення квантової фізики знайомимо студентів з експериментальними установками для використання енергії сонця: сонячні повітронагрівачі та геліоколектори для сушіння сіна, гарячого водопостачання; геліоабсорційні системи для обігрівання і охолодження тваринницьких приміщень; фотоелектричні способи перетворення сонячної енергії в електричну з наступним її використанням.

Диференціація лабораторних робіт за професійною спрямованістю вимагає додаткової роботи із збагачення матеріального та дидактичного оснащення кабінету фізики, проте підвищує ефективність підготовки за рахунок зростання інтересу студента до вивченні дисципліни, активізації його навчальної діяльності.

Також пропонуємо здійснювати диференціацію самостійної роботи студента за професійною спрямованістю. Враховуючи рекомендації, викладені у роботах В.А.Овчар та В.В.Усової, у змісті задач розглядаємо рух автомобіля, сільськогосподарських машин або окремих їх частин, роботу електрообладнання сільськогосподарського виробництва, гідравлічні та пневматичні процеси, що відбуваються у відповідних системах автомобіля, сільськогосподарських машин тощо. Наприклад, пропонуємо вирішити таку задачу: «Автомобіль рухається зі швидкістю 54 км/г, ширина перехрестя 10 м, жовте світло горить 2 с, максимальне прискорення дорівнює ±3 м/с^2. Визначити, на якій відстані від перехрестя необхідно знаходитися, щоб вибрати будь який з трьох варіантів проходження перехрестя».

Студентам наголошуємо, що під час конспектування питань, винесених на самостійне опрацювання, слід розкривати практичне використання явища, закону, принципу та ілюструвати фактами, пов'язаними з майбутньою професійною діяльністю: використання явища механічного удару на прикладі роботи молоткових подрібнювачів, що використовуються на фермах для підготовки кормів; використання вібрацій на прикладі вібраційного плуга; електризація тіл на прикладі електричних машин для сортування зерна.

Висновки. У процесі реалізації міжпредметних зв'язків зафіксовано, що підвищилась активність навчальної діяльності студентів, отримані знання носили більш глибокий, систематичний та узагальнений характер; у студентів були сформовані навички пошукової, творчої діяльності.

ЛІТЕРАТУРА

1. Сейтешев А.П. Пути профессионального становления учащейся молодёжи: Профпедагогика /А.П.Сейтешев. – М. :Высш. шк., 1988. – 336 с.

ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ ПЕРВОЙ И ВТОРОЙ ПОЛОС ДВИЖЕНИЯ НА ПЕРЕГОНАХ ГОРОДСКИХ УЛИЦ

Дудников А.Н., Кирноз И.А.
Автомобильно-дорожный институт Государственного высшего учебного заведения «Донецкий национальный технический университет» (Украина)

Ведение. Актуальность исследований. В современных условиях в Украине пропускная способность городских улиц и дорог определяется ДБН В.2.3-5-2001 «Сооружения транспорта. Улицы и дороги населенных пунктов» [1]. Методики определения значения пропускной способности отдельных полос движения сведены к табличному выбору значения в приведенных единицах и последующему суммированию полученных результатов для улицы в целом [1,2]. Интенсивное маневрирование транспортных средств при выполнении поворотов направо, налево, остановки у края проезжей части, приводят к созданию индивидуальных условий движения по соответствующим первой и второй полосе перегона улицы. Очереди транспортных средств, как подвижные, так и неподвижные приводят к снижению пропускной способности полос и улицы, к формированию ударных волн в транспортном потоке и образованию заторов. Указанное раскрывает актуальность и необходимость совершенствования существующей методики назначения пропускной способности соответствующих полос движения городских улиц, до уровня расчетной методики, учитывающей индивидуальные особенности маневрирования транспортных средств в пределах конкретного перегона улицы.

Постановка задачи. Объектом исследования в работе предполагается дорожное движение в четыре полосы на перегонах городской улицы. Предметом исследования является пропускная способность первой и второй полос движения на перегонах городских улиц. С учетом раскрытой актуальности предмета исследования формируется научная задача по разработке методики расчета пропускной способности полос на перегонах городских улиц с четырьмя полосами движения. Существующие исследования по расчету пропускной способности полосы движения можно свести к следующей зависимости [2]:

$$P = \omega \cdot \alpha \cdot V_{св} \cdot q_{max}, \qquad (1)$$

где P - пропускная способность полосы движения, ед./ч; ω - коэффициент, учитывающий нагрузку движением встречной полосы или соседней полосы (полоса соседняя свободна $\omega = 1{,}3$; равномерно загружена $\omega = 1$, загружена - $\omega = 0{,}99$); α - коэффициент, зависящий от дорожных условий ($\alpha = 0{,}18...0{,}23$, обычно принимается $\alpha = 0{,}19$); $V_{св}$ - скорость движения одиночных автомобилей по конкретной полосе на рассматриваемом участке дороги, км/ч; q_{max} - максимальная плотность транспортного потока по конкретной полосе на рассматриваемом участке дороги, авт./км.

Предлагается зависимость (1) взять за основу для разработки указанной выше методики.

Результаты исследований. В зависимости (1) произведение скорости движения одиночных автомобилей по конкретной полосе на рассматриваемом участке дороги и соответствующей максимальной плотности транспортного потока дают предельное, гипотетическое, значение пропускной способности полосы движения, которое необходимо уменьшить на составляющую, связанную с восприятием движения водителями, на составляющую, связанную с возможностью перестроения транспортных средств на соседнюю полосу, составляющую, связанную с подвижными и неподвижными очередями на полосах, при поворотах: налево, направо, при стоянках, соответственно для

первой и второй полосы получим формулы:

$$P_1 = V_{св1} \cdot q_{max1} - \Delta P_{в1} + \Delta P_{сп1} - \Delta P_{пп} - \Delta P_{ст}, \quad (2)$$

$$P_2 = V_{св2} \cdot q_{max2} - \Delta P_{в2} + \Delta P_{сп2} - \Delta P_{лп}, \quad (3)$$

где P_1, P_2 пропускные способности соответственно первой (правой) и второй (левой) полос движения на перегоне городских улиц; $\Delta P_{в1}$, $\Delta P_{в2}$ - уменьшения пропускной способности полос, связанные с восприятием движения водителями; $\Delta P_{сп1}$, $\Delta P_{сп2}$ - увеличения пропускной способности полос, связанные с возможностью перестроения транспортных средств на соседнюю полосу; $\Delta P_{пп}$ - уменьшение пропускной способности первой полосы движения, связанное с маневрами транспортных средств при повороте направо; $\Delta P_{ст}$ - уменьшение пропускной способности первой полосы движения, связанное с маневрами объезда стоящих транспортных средств у края проезжей части; $\Delta P_{лп}$ - уменьшение пропускной способности второй полосы движения, связанное с маневрами транспортных средств при повороте налево.

Проведенные исследования составляющих формул (2) и (3) позволили записать их в следующем виде:

$$P_1 = V_{св1} \cdot q_{max1} - \Delta V_{в1} \cdot \bar{q}_1 + (\omega - 1) \cdot V_{св1} \cdot q_{max1} - (V_{св1} \cdot q_{max1} - B_{нп1}) - \Delta V_{ст1} \cdot \bar{q}_1, \quad (4)$$

$$P_2 = V_{св2} \cdot q_{max2} - \Delta V_{в2} \cdot \bar{q}_2 + (\omega - 1) \cdot V_{св2} \cdot q_{max2} - (V_{св2} \cdot q_{max2} - B_{нл2}), \quad (5)$$

где $\Delta V_{в1}$, $\Delta V_{в2}$ - уменьшение скоростей движения транспортных средств на первой и второй полосах перегона городской улицы, связанное с восприятием водителями уплотнения потока от значений $\bar{q}_1$, $\bar{q}_2$ до q_{max1}, q_{max2}; $\bar{q}_1$, $\bar{q}_2$ - значения плотности движения транспортных средств на первой и второй полосах перегона городской улицы, при которых наблюдается максимальная интенсивность движения; $B_{нп1}$, $B_{нл2}$ - значения пропускных способностей [2] при повороте направо, для первой полосы, и, при повороте налево, для второй полосы; $\Delta V_{ст1}$ - уменьшение скорости движения транспортных средств на первой полосе при объезде остановившихся у края проезжей части транспортных средств.

Выводы. Разработаны основные положения расчетной методики значений пропускной способности первой и второй полос движения на перегоне городской улицы. Предложено расчет пропускной способности полосы проводить исходя из гипотетически максимального значения (произведением скорости свободного движения транспортных средств на максимальную плотность потока на полосе) и постепенного его уменьшения по действиям водителей: при уплотнении потока, при смене полосы движения, при образовании очереди на правом, левом поворотах, при объезде транспортных средств, стоящих у края проезжей части. Полученные результаты подлежат дальнейшей экспериментальной проверке и калибровке.

ЛИТЕРАТУРА

1. ДБН В.2.3-5-2001. Споруди транспорту. Вулиці та дороги населених пунктів. – К.: Держбуд України, 2001. – 50 с.

2. Сильянов В.В. Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог и городских улиц / В.В. Сильянов, Э.Р. Домке. – М.: Академия, 2009. – 352 с.

КОМПЕТЕНТНІСНИЙ ПІДХІД В НАВЧАННІ ІНФОРМАТИКИ У ВИЩОМУ НАВЧАЛЬНОМУ ЗАКЛАДІ

Зайцева Т.В.
Херсонська державна морська академія (Україна)

Загальна постановка задачі та її актуальність. Указом Президента України "Про заходи щодо пріоритетного розвитку освіти в Україні" від 30 вересня 2010 р. № 926 визначено низку заходів, спрямованих на реалізацію в Україні положень, спрямованих на узгодження національної системи із забезпечення якості освіти з загальною європейською. Виходячи із сучасних вимог суспільства, забезпечення якості освіти має ґрунтуватися на формуванні у випускника вищого навчального закладу таких компетенцій та умінь, які б давали можливість майбутнім фахівцям застосовувати та практично використовувати отримані знання та уміння на користь усієї Європи.

В Національній системі стандартів вищої освіти чітко прописані вимоги до кваліфікацій та надається перелік соціально та професійно важливих знань, умінь, навичок та компетенцій, які вимагає від випускника вищого закладу ринок праці.

Ці нові вимоги не пов'язані жорстко з тією або іншою дисципліною, вони носять міжпредметний, а можна сказати надпредметний характер, тобто відрізняються універсальністю. Їх формування вимагає не стільки нового предметного змісту, скільки інших педагогічних технологій. Компетентнісний підхід дозволяє:

- погоджувати мету навчання, яку ставить педагог, з власними цілями студентів;
- розвантажити студентів не за рахунок механічного скорочення змісту, а за рахунок підвищення долі індивідуальної самоосвіти;
- підготувати студентів до свідомого і відповідального навчання, до необхідності постійної самоосвіти;
- і що саме головне, на наш погляд, забезпечити ринок праці конкурентоспроможними фахівцями.

Розв'язування основної проблеми. Впровадження компетентнісного підходу до системи підготовки фахівців найбільш потребує, на наш погляд, морська галузь, що є міжнародною в своїй основі. фахівці морської галузі повинні відповідати вимогам Міжнародної морської організації (ІМО) незалежно від того, в якій країні вони отримали освіту. перелік даних вимог можна знайти в міжнародному кодексі дипломування моряків та несення вахти (ПДМНВ). В основі цього документу лежить компетентнісний підхід до многорівневої підготовки морських спеціалістів.

Сьогодні ринок праці диктує системі освіти якого рівня обізнаності спеціалістів він потребує. І саме компетентнісний підхід і є спробою привести у відповідність професійну освіту та вимоги роботодавців. Компетентнісний підхід припускає, що результати освіти визнаються значущими за межами системи освіти.

З 2014-2015 навчального року в Херсонській державній морській академії розпочата дослідна експериментальна робота з інтеграції навчального процесу на основі компетентнісного підходу в державну освітню політику України.

Всі навчальні підрозділи академії приймають активну участь в проекті. Викладачами кафедри Інформаційних технологій, комп'ютерних систем та мереж були розроблені нові робочі програми курсів, в яких дисципліни розглядаються як засіб оволодіння деякими компетенціями в рамках даних предметів.

Компетентнісний підхід фіксує та встановлює підпорядкованість знань вмінням. Важливу роль в цьому процесі займає інформатика як наука та навчальний предмет, так як компетентності, що формуються під час вивчення предмету можна перенести на вивчення інших предметів для створення цілісного інформаційного простору знань курсантів.

Для відображення міждисциплінарних зв'язків викладачі кафедри не тільки

познайомилися з робочими програмами інших дисциплін, але й обговорили з керівництвом факультетів та випускаючих кафедр яким рівнем інформаційної культури повинен володіти курсант для успішного вивчення спеціальних дисциплін. В результаті цієї роботи в дисципліні Інформаційні технології, що вивчається на 1 курсі з'явилися нові теми, а зміст дисципліни Інформатика для судноводіїв був повністю перероблений та придбав яскраво виражений прикладний характер.

Зміст курсу Інформаційні технології має дві яскраво виражені складові:

1. Теоретична інформатика, яка є в даний час однією з фундаментальних галузей наукового знання, вона формує в курсантів системно-інформаційний підхід до аналізу навколишнього середовища.

2. Інформаційні технології, які являють собою методи та засоби отримання, перетворення, передачі, зберігання і використання інформації. Ця складова має вкрай важливе практичне значення, вона виконує соціальне замовлення суспільства на підготовку майбутніх фахівців морської галузі до життя в інформаційному мировому суспільстві.

Головною метою вивчення дисципліни Інформаційні технології є формування інформаційно-комунікаційної компетентності курсантів. Інформаційно-комунікаційну компетентність можна розглядати як комплексне вміння самостійно шукати, відбирати потрібну інформацію, аналізувати, організовувати, представляти, передавати її; моделювати і проектувати об'єкти і процеси, реалізовувати проекти, в тому числі в сфері індивідуальної та групової діяльності.

Головне завдання компетентнісного підходу з'ясувати і включити в освітню траєкторію те, без чого підготовка фахівця не може відбутися, що необхідно і достатньо знати і вміти робити майбутньому фахівцю в морській галузі. Для виконання цього завдання ми скорегували зміст навчального матеріалу дисциплін шляхом впровадження завдань наступних видів:

- завдання, що містять великий обсяг текстової інформації, та інформації, представленої у вигляді таблиць, діаграм, графіків, малюнків, схем (перетворення інформації, робота з різними видами інформації);
- завдання, в яких неясно, до якої області знань треба звернутися, щоб визначити спосіб дії або інформацію (вибір необхідного програмного забезпечення, використання компетенцій на практиці);
- завдання, з великим числом завдань різної тематики та різних форматів, що вимагають різних алгоритмів розв'язування, форм записи відповіді;
- задачі на оптимізацію рішень.

Висновки та напрямки подальших досліджень. Компетентнісний підхід дозволяє направити педагогічну діяльність на залучення курсантів в активну, усвідомлену діяльність, на розвиток інформаційних, комунікативних, навчально-пізнавальних компетенцій і розвиток особистісного потенціалу курсанта, формування самооцінки, самоконтролю курсантів і рефлексії педагога, яка дозволяє домагатися кращих результатів в освітньому процесі.

Зв'язати результати навчання та компетенції – складне питання, якому слід приділяти чимало уваги. Орієнтація на результати освіти є сьогодні актуальним для української вищої школи, і вимагає інтеграцію академічної та професійної освіти, визнання кваліфікацій, отриманих в процесі вищої освіти, розвиток освіти протягом усього життя. Суспільство повинно звикати до ситуації, коли опис результатів освіти буде надаватися на мові компетенцій.

На даному етапі в ХДМА триває експеримент по впровадженню компетентнісного підходу в навчальний процес. Сьогодні перед нами стоїть задача отримання та аналізу перших результатів експерименту з метою подальшого корегування навчального матеріалу та форм проведення занять.

ГРАФІЧНІ КОМПЕТЕНТНОСТІ - ОСНОВА ФОРМУВАННЯ ПРОФЕСІЙНИХ КОМПЕТЕНЦІЙ КУРСАНТІВ

Знамеровська Н.П.
Херсонська державна морська академія (Україна)

Вступ. Морський інженер-користувач креслень: йому доведеться бути компетентним у читанні креслень, щоб здійснювати підтримку, ремонт, взаємозамінність компонентів. Час від часу заміни доведеться робити на судні в плаванні або на березі, для цього за ортогональними кресленикаами, з інженерно-технічної документації або за ескізами проводиться заміна. Тому від стажерів вимагають досконалого розуміння креслеників і вони також повинні мати здатність виконувати ескізи і, якщо необхідно, оформляти інженерно-технічну документацію. До можливості отримати інформацію з креслеників, морський інженер повинен мати хороше розуміння понять проекту. Це допоможе у процесах прийняття рішень.

Актуальність. Необхідність формування висококваліфікованих фахівців у морській сфері, які вміють творчо працювати, знаходити вихід з різних складних ситуацій та передбачати наперед можливі наслідки діяльності, диктує потребу у поліпшенні методик навчання, впровадженні в навчальний процес досконалих форм та методів навчання, нових педагогічних технологій, які будуть формувати професійні компетентності.

Задачею даного дослідження є визначення умов та шляхів формування інженерно-графічних компетенцій курсантів (студентів) ХДМА, що будуть сприяти засвоєнню ними професійних компетенцій

Нарисна геометрія та інженерна графіка займає особливе місце серед дисципліни, що закладають основи загально технічних знань. Креслення є засобом вираження технічної думки та творчої ідеї.

Сучасна концепція модернізації морської освіти висуває необхідність компетентнісного підходу, який передбачає розвиток ключових компетенцій у студентів, необхідних для їх успішної професійної діяльності. Такий підхід до підготовки кадрів з вищою освітою висуває на перше місце не інформованість студента, а вміння застосовувати випускником вузу знань, вмінь та навичок при вирішенні проблем в конкретній професійній діяльності [3]. .

Професійна графічна компетентність інженера-механіка передбачає рівень усвідомленого застосування графічних знань, умінь і навичок, що спирається на знання функціональних і конструктивних особливостей технічних об'єктів; досвід графічної професійно орієнтованої діяльності; вільну орієнтацію в середовищі графічних інформаційних технологій; ставлення до успішної професійної діяльності, її значенням і певним інженерним завданням [1]. Навчання - складний, багатоступінчастий процес, який передбачає передачу навчальної інформації, знань і умінь від викладача, її сприйняття і переробку студентами. Навчання можна вважати ідеальним в інформаційному сенсі, коли вся передана інформація засвоюється

Кінцева мета навчання у морському навчальному закладі – це підготовка фахівця до експлуатації, проведення випробувань та визначення працездатності транспортного та технологічного обладнання судна.

Тому метою вивчення курсу «*Нарисна геометрія та інженерна графіка»* є*:* озброєння курсантів обсягом фундаментальних знань з виконання та читання креслеників, які стануть їм у професійній діяльності.

Сьогодні роботодавці все частіше зацікавлені не стільки в кваліфікації співробітників, скільки в їх компетентності, здатності працювати в групі, ініціативності, умінні успішно справлятися з різними життєвими і професійними ситуаціями. Компетентнісний підхід висуває свої вимоги і до інших компонентів освітнього процесу -

змісту, методів, педагогічних технологій, організації педагогічного процесу. Виходячи із завдань вивчення дисципліни, найбільш придатною для викладання даної дисципліни є технологія проблемно-розвиваючого навчання. Так само для більш ефективного навчання слід впроваджувати в педагогічний процес елементи інших технологій, таких як ігрова технологія і технологія групового навчання. Графічна підготовка є безперервною для технічних спеціальностей протягом усього періоду навчання, а не обмежується вивченням на першому курсі «Нарисної геометрії та інженерної графіки». Велику роль тут відіграє курсове та дипломне проектування в рамках професійних модулів. У сучасних умовах все ширше використовується впровадження комп'ютерних графічних програм у навчальний процесс якы є потужним інструментом у реалізації методів геометрії та графіки і дозволяють моделювати практично будь-які конструкції. Таким чином, наші випускники повинні вміти працювати в якості користувачів графічних систем, що дозволяють створювати креслярсько-конструкторську документацію.

Проблема дослідження. Аналіз практичної реалізації графічної підготовки у вузах дозволив виявити ряд актуальних проблем графічної підготовки випускників, до яких можна віднести наступні:

− відсутність належної графічної підготовки в школі;

− значення графіки, пов'язане з розвитком просторового мислення;

− необхідність формування у курсанта (студента) в процесі графічної підготовки специфічних якостей для засвоєння дисциплін фахового спрямування;

− різну сприйнятливість курсантів до графічної культури;

− відмінність вимог і змісту графічної підготовки для різних напрямів і спеціальностей з урахуванням компетентнісного підходу;

− великий обсяг спеціальних знань і навичок, які формуються в межах графічної підготовки; необхідність великого обсягу самостійної роботи курсантів (студентів);

− складність і трудомісткість розробки та реалізації інноваційних освітніх технологій, пов'язаних з графічною підготовкою;

− складність і трудомісткість сучасних контролюючих матеріалів для оцінки якості графічної підготовки курсанта(студента).

Вирішення перерахованих вище проблем дозволить удосконалити графічну підготовку і забезпечити гарантовану якість підготовки випускників, які будуть відповідати сучасним вимогам компетентнісного підходу в освіті.

У зв'язку з цим і задачі курсу нарисної геометрії та інженерної графіки мають конкретне технічне спрямування залежно від спеціалізації, тобто містять компетентнісний підхід [1].Педагогічний експеримент спрямовано на перевірку ефективності використання компетентнісного підходу при викладанні нарисної геометрії та інженерної графіки та визначення умов та шляхів формування інженерно-графічних компетенцій курсантів(студентів) ХДМА, що будуть сприяти засвоєнню ними професійних компетенцій.

Показники ефективності формування інтересу студентів *до заняття* з нарисної геометрії та інженерної графіки за компетентнісного підходу були обрані: зміст мотивів навчальної діяльності студентів, рівень сформованості інтересу до заняття; успішність засвоєння навчального матеріалу.

Результати теоретичного й експериментального дослідження формування інтересу курсантів (студентів) до занять з нарисної геометрії та інженерної графіки були отримані і на їх основі зроблені висновки про ефективність впровадження компетентнісного підходу у навчальний процес нарисної геометрії та інженерної графіки.

Підводячи підсумок можна сказати, що компетентнісний підхід є системним, міждисциплінарним, в ньому є і особистісні і діяльнісні аспекти. На основі компетентнісного підходу до організації освітнього процесу відбувається формування в курсантів ключових компетенцій, які є невід'ємною складовою їх діяльності як майбутніх

спеціалістів та одним з основних показників їх професіоналізму, а також необхідною умовою підвищення якості професійної освіти.

Висновок. В умовах впровадження компетентнісного підходу в практику підготовки фахівців морської галузі, графічна підготовка є підґрунтям формування професійних компетенцій курсантів, сприяє усвідомленому розумінню конструктивно-технічних і функціональних характеристик технічних об'єктів, які вивчаються у циклі професійних дисциплін, вільному володінню конструкторською документацією та її застосуванню у професійній діяльності, а також забезпечує саморозвиток особистості майбутнього морського фахівця.

ЛІТЕРАТУРА

1. Зеер Э., Сыманюк Э. Компетентностный подход к модернизации профессионального образования.// Высшее образование. №4.- 2005,с.23-30

2.Рыжаков М.В. Ключевые компетенции в стандарте: возможности реализации. // Стандарты и мониторинг в образовании. 1999. №4. с.20-24.

3. Равен Дж. Компетентность в современном обществе: выявление, развитие и реализация./ Пер. с англ. –М., «Когито-центр», 2002, -396 с.

4. Ярошевич О.В. Инновации в графической подготовке студентов на современном этапе - // Образовательные технологии в преподавании графических дисциплин: материалы II Республиканской научно-практ. конф., Брест, 18-19 мая 2007 г. – Брест, 2007. – С. 89-92.

5. Ярошевич О.В. Инновации в графической подготовке студентов на современном этапе / О.В. Ярошевич // Образовательные технологии в преподавании графических дисциплин: материалы II Республиканской научно-практ. конф., Брест, 18-19 мая 2007 г. – Брест, 2007. – С. 89-92.

АДАПТИВНОЕ ДИСТАНЦИОННОЕ ОБУЧЕНИЕ КАК ЭЛЕМЕНТ РЕАЛИЗАЦИИ КОМПЕТЕНТНОСТНОГО ПОДХОДА В ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ МОРСКОГО ПРОФИЛЯ

Кравцова Л.В., Каминская Н.Г.
Херсонская государственная морская академия (Украина)

Актуальность темы. Обучение в морских вузах пользуется большой популярностью среди абитуриентов Украины. Романтика морской профессии, востребованность на рынке труда, высокое качество образования, очевидная возможность построения карьеры привлекательны для молодежи.

Подготовка членов экипажей морских судов по программам профессионального образования в соответствии с Международной конвенцией ПДНВ позволяет нашим специалистам уверенно чувствовать себя в любой стране, быть востребованными и конкурентоспособными на мировом рынке труда. Морские высшие учебные заведения не только готовят специалистов самого высокого класса, но и воспитывают граждан своей страны. Процесс конвенционной подготовки проходят члены экипажей морских судов с целью получения профессии работы на судне, новых компетенций в соответствии с Основными образовательными программами подготовки членов экипажей. Обучение проходят как студенты и курсанты морских учебных заведений, так и слушатели, желающие повысить свою квалификацию или вернуться к работе на море после длительного перерыва.

В программу подготовки специалистов морского профиля необходимой составляющей входит плавательная практика, которая для курсанта, обучающегося стационарно, начинается фактически сразу на первом году обучения, и периодически, в соответствии с планом подготовки, проходит ежегодно до окончания учебного заведения на судах морского флота. А это означает, что курсант, находясь длительное время на удалении от статического места обучения, может утерять некоторые навыки, приобретенные в процессе теоретической подготовки. К этому стоит отнести также и навыки регулярного изучения методических материалов, выполнения практических задач и лабораторных заданий по дисциплинам курса. Чтобы избежать таких потерь и максимально разумно использовать свободное от вахты время на судне, необходимо обеспечить курсанта возможностью продолжать обучение в ВУЗе дистанционно. Однако есть существенное отличие обучения в присутствии преподавателей и на длительном удалении от них. Каждый курсант обладает индивидуальными способностями относительно восприятия, запоминания учебного материала, его применения на практике, использует различные методы подготовки к зачетам и экзаменам. При этом, разумеется, ставится не просто задача освоения определенного количества материала, а приобретение необходимых компетенций специалиста морского профиля в соответствии с требованиями конвенции ПДНВ. Другими словами, актуальной является проблема организации дистанционного обучения курсантов в период прохождения ими плавательной практики с учетом индивидуальных способностей и особенностей каждого курсанта.

Цель и задачи исследования. Адаптивное дистанционное обучение способствует реализации принципа индивидуализации обучения - одного из самых важных при подготовке квалифицированных специалистов. Ведущая роль в этом случае отводится не столько и не только обучающей деятельности преподавателя, сколько самообучению самих курсантов, находящихся на плавательной практике, на основе использования подготовленных профессиональными педагогами, специалистами в данной предметной области, материалов, размещенных на сайте дистанционного обучения.

Целью работы является решение актуальной научно-педагогической проблемы – внедрения адаптивного дистанционного обучения для реализации идей компетентного

подхода к подготовке специалистов морского профиля в Херсонской государственной морской академии.

Согласно цели исследования необходимо решить комплекс задач:

1. Проведение анкетирования курсантов психологом морской академии с целью построения индивидуальной траектории обучения и проведения статистического анализа полученных результатов до прохождения ими практики;
2. Разработка концепции построения информационно-структурной модели курсанта (студента);
3. Разработка модели управления потоком квантов знаний в адаптивной системе дистанционного обучения и контроля знаний в процессе изучения курса;
4. Разработка технологии построения индивидуальной адаптивной траектории дистанционного обучения и контроля знаний;
5. Оценка эффективности функционирования разработанной адаптивной системы дистанционного обучения и контроля знаний курсанта (студента) по окончании практики.

Естественно, одним из первых вопросов, возникающих в процессе создания курса дистанционного обучения, является вопрос выбора платформы, на которой будет реализован дистанционный курс. Анализ информационных ресурсов Интернета и отзывов на форумах по проблемам СДО показал, что наиболее популярным среди пользователей, в круг которых входят крупнейшие отечественные и зарубежные высшие учебные заведения, является Moodle. Отличительная особенность проекта Moodle состоит в том, что вокруг него сформировалось наиболее активное международное сетевое сообщество разработчиков и пользователей, которые делятся опытом работы на платформе, обсуждают возникшие проблемы, обмениваются технологиями и результатами дальнейшего развития среды.

Выводы. Получение будущими специалистами морской отрасли необходимых компетенций во многом зависит от того, какие методы и технологии обучения используются в высшем учебном заведении. Период прохождения практики курсантами должен быть максимально использован не только для приобретения практических навыков работы на судне, а и продолжения систематизированной теоретической подготовки. В Херсонской государственной морской академии есть все условия для внедрения технологии дистанционного обучения, которое является неотъемлемой составляющей образовательного процесса.

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УСТРОЙСТВ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ В ОБЛАСТИ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ

Кривенко И. В.
Национальный авиационный университет (Украина)

Закон Мура гласит о том, что количество транзисторов на кристалле интегральной схемы удваивается каждые 24 месяца, РэймондКурцвел показал, что вычислительные мощности растут экспоненциально. Есть предположение что технологическая сингулярность может наступить через несколько десятков лет. Кроме того, дальнейшее развитие технического оснащения, как бытового так и специфического, сильно зависит от последних достижений экспериментальных лабораторий и передовых научно-исследовательских центров всего мира, а следовательно мало прогнозируемо. Однако, ужеможно заметить тренд на уменьшение размеров различных гаджетов, таких как телефоны, портативные проигрыватели и различные типы компьютеров.

Микрокомпьютеры и их производные на данный момент прочно наняли позиции в бытовой технике, хотя ещё некоторое время назад их областью применения было станкостроение и передовые технологические комплексы (как военные так и гражданские). Такая интенсивность внедрения новой технологии позволяет предполагать её активное развитие и расширение области применения, что мы и наблюдаем на последних выставках научных достижений во всех странах мира. Одним из примеров такого новейшего внедрения микропроцессорных станций в неординарные бытовые вещи являются очки дополненной реальности.Способ вывода информации позаимствован из военной авиации для и состоит в том, чтона прозрачный дисплей поступает запрошенная информация. Пилот в боевой обстановке, к примеру, может непереводить взгляд на панель приборов, тем самым не теряя драгоценных секунд. В повседневной жизни можно будет получать информацию о памятниках архитектуры, достопримечательностях и направлениях в реальном времени без отвлечения на прочие гаджеты как телефон или планшетный компьютер.

Рассмотрим преимущества использования этих технологий в области подготовки специалистов.

Во-первых, это экономия. Когда устройства дополненной реальности станут общедоступными, исчезнет необходимость в громоздких и дорогостоящих настольных компьютерах, и их периферии, что, в свою очередь будет значить отсутствие расходов на их обслуживание и обновление.

Во вторых, наглядность обучения. Хотя SCADA-системы информативны и гибко настраиваемы под любую задачу, но для их эффективного использования необходимо обучение и практика. С помощью визуализации карты можно будет соотносить информацию SCADA-системы и в реальной жизни.

Ну и третье – это безопасность. Столкновения самолетов в воздухе – довольно редкое явление, но почти все они происходили из-за неверного эшелонаполета. С помощью дополненной реальности и карты рейсов диспетчер сможет заметить ошибки раньше и предотвратить возможную катастрофу.

ЛИТЕРАТУРА

1. M. Haller, M. Billinghurst, B. Thomas. Emerging Technologies of Augmented Reality: Interfaces and design. -2007.

2. O. Bimber, R. Raskar. Spatial Augmented Reality: merging real and virtual worlds. -2005.

ПРОБЛЕМИ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ МОРСЬКОГО ПРОФІЛЮ НА ПРИКЛАДІ ЦИСЦИПЛІНИ «АНГЛІЙСЬКА МОВА (ЗА ПРОФЕСІЙНИМ СПРЯМУВАННЯМ)»

Ляшенко У.І.
Морський коледж Херсонської державної морської академії (Україна)

Інтеграція системи освіти України до глобального освітнього простору, зокрема приєднання до Болонської конвенції, зумовлює визначення пріоритетних напрямів модернізації вищої освіти, одним з яких є реалізація компетентнісного та комунікативного підходів при професійній підготовці фахівців транспортної галузі.

Процес підготовки майбутніх спеціалістів морського профілю у першу чергу спирається на дисципліни професійного спрямування, які є головним засобом фахової підготовки. Проте, професіоналом у своїй справі стають не лише завдяки вивченим умінням та навичкам, але і здатністю оволодівати знаннями, уміннями і навичками професійної діяльності під час самої діяльності. І тут стають у пригоді такі характеристики особистості як: професійна гнучкість і комунікативність особистості. У зв'язку з тим, що професійною мовою спілкування за вимогами ІМО є англійська, то і комунікація на борту судна відбуватиметься на професійній англійській мові. Таким чином ця вимога міжнародних організацій з мореплавства акцентує увагу морських навчальних закладів України на підвищенні рівня фахової підготовки курсантів з даної галузі знань. Метою даної доповіді є визначити основні проблеми підготовки фахівців морського профілю на прикладі дисципліни «Англійська мова (за професійним спрямуванням)».

Підготовка компетентнісного фахівця морського профілю згідно міжнародних стандартів визначається в першу чергу рівнями сформованості його компетентностей з усіх дисциплін як циклу професійної; математичної, природничо-наукової підготовки так і циклу гуманітарної та соціально-економічної підготовки, до якої відноситься дисципліна «Англійська мова» (за п.с.). Компетентності фахівця морського профілю на думку авторів Аурельо Вілла, Хулії Гонсалес, Олени Аузменді, Хосе Бензанілли, Джона Пола Лакі та Роберта Вагенаара «являють собою поєднання властивостей (по відношенню до знань та їх застосування, установок, навичок, умінь та обов'язків), які описують рівень або ступінь, до якого особа здатна виконувати їх» [3].

Рівень іншомовної професійно-спрямованої компетентності фахівця морського профілю передбачає уміння користуватись англійською мовою в ситуаціях професійного спілкування, вирішуючи таким чином професійні завдання. Також, успішному впровадженню підготовки компетентнісного фахівця сприяє реалізація комунікативного підходу на заняттях з Англійської мови (за п.с.).

Структура заняття з дисципліни «Англійська мова (за п.с.)» спирається на три основні етапи: presentation, practice, production. На етапі presentation курсанти ознайомлюються з новим лексичним/граматичним матеріалом (*знання і розуміння*), з яким продовжують працювати на етапі practice (*знання як діяти*) та використовують його вже самостійно на етапі production (*знання як жити*). Таким чином, спираючись на принципи комунікативного підходу кожен викладач англійської мови (за п.с.) впроваджує у підготовку майбутнього суднового механіка і компетентнісний підхід, а новітня система оцінювання компетентностей курсантів зразку типу (A, B, C) рівнів дає змогу визначити формуванню яких компетентностей слід приділяти більше уваги в кожній окремій академічній групі.

Навчання іншомовної комунікації здійснюється під час взаємодії суб'єктів цієї діяльності – викладача й курсанта на чітко визначеному програмою матеріалі: сфери, теми, ситуації спілкування, мовні засоби, форми, методи організації спілкування тощо [2]. Тематика іншомовного спілкування, відтворює різноманітні аспекти життєдіяльності

майбутнього спеціаліста транспортної галузі і в такий спосіб сприяє формуванню його ціннісних орієнтацій: ставлення до життя, праці, навчання, до оточуючого світу, до самого себе («Emergency situations», «Marine environment», «Sea practice») тощо.

Зазвичай, процес навчання іноземної мови зорієнтований на виконання двох методичних функцій: 1) навчальної та 2) комунікативної, а тому діяльність на парі, в якій застосовуються мовленнєві ситуації, можна розглядати як модель реального спілкування [2] і кінцевою метою цієї діяльності виступає комунікативна компетенція, що розглядається нами як «здатність і готовність здійснювати іноземне міжособистісне і міжкультурне спілкування із носіями мови у зазначених стандартом/програмою межах» [1].

Ефективність функціонування цієї навчальної моделі спілкування значною мірою буде залежати від рівня мовленнєвої взаємодії протягом усього курсу навчання (заохочення до обговорення, спрямування змісту спілкування, мотивація до певних дій, прогнозування рефлексії). У зв'язку з цим виникає потреба у створенні спеціальних мовних зразків для засвоєння як лексичного так і граматичного матеріалу (комунікативний підхід до навчання за вимогами ІМО характеризується чіткою структурою заняття, де на кожному занятті курсанту надаються максимум 8 нових лексичних одиниць, що «обігруються» протягом усього заняття і навіть подання граматичного матеріалу органічно пов'язується з цими лексичними одиницями у спеціальних мовних конструкціях). Наявність таких зразків дає змогу викладачеві і курсантам відійти від традиційної фронтальної роботи і акцентувати увагу на парній і груповій.

Ураховуючи всі особливості функціонування навчальної моделі, що в основному спирається на комунікативний та компетентнісний підходи ми дійшли висновку, що ефективність педагогічного процесу буде зумовлюватись рівнем наближення навчальної діяльності до тієї, що вважається об'єктом формування, тобто наближеної до реальної ситуації.

Об'єктом моделювання навчальної діяльності потрібно обирати такі ситуації, в яких курсанти є активними, багато говорять і отримують необхідну їм у майбутньому інформацію. Критеріями вибору таких навчально-мовленнєвих ситуацій на нашу думку повинні бути:

1. Мотивація і запланована рефлективність курсанта під час «занурення» у ситуацію.
2. Отримання/передача необхідної професійної інформації (суднові прилади та системи, поведінка на судні, нормативна документація).
3. Залучення усіх комунікантів у навчально-мовленнєву ситуацію (висловитись повинні всі учасники ситуації).
4. Можливість висловити свою точку зору і почути інші.
5. Чітко сформульовані інструкції щодо ролі кожного комуніканта.
6. Врахування вікових особливостей курсантів.

Таким чином навчально-мовленнєві ситуації вимагають активної розумової діяльності усіх комунікантів, планування курсантами власних відповідей/запитань (не обов'язково, що вони будуть правильними, оскільки робота в парах/групах передбачає корекцію неправильних відповідей іншими учасниками ситуації), створення позитивної атмосфери і відповідний алгоритм вирішення конкретної ситуації, що, окрім стандартних дій у відповідності до міжнародних стандартів, також базуються на певних стереотипах соціальної поведінки, але із врахуванням культурних особливостей команди у змішаних екіпажах (наприклад: якщо черговий мусульманин на вахті помітить нетверезого матроса і судно буде знаходитись, скажімо, в Арабських Еміратах, то порушнику буде загрожувати довготривала в'язниця).

Ефективному впровадженню навчально-мовленнєвих ситуацій на заняттях англійської мови дуже часто на заваді стають як психолого-педагогічні так і методичні фактори, а саме:

- недостатня мотивація курсантів під час вивчення певних тем;
- нечітко сформульовані рольові позиції комунікантів;
- занадто часте втручання викладача у відповіді курсантів у зв'язку з чим – неможливість курсанта висловити повною мірою свої думки;
- неправильний розподіл мовного навантаження на учасників ситуації (один із комунікантів говорить і висловлює свої думки, а іншим залишається час на одне-два речення, що є неприпустимим при комунікативному підході);
- ситуація не наближена до реальної професійної;
- навчально-мовленнєва ситуація органічно не поєднана з темою навчального заняття і мета її використання незрозуміла;
- стосунки між учасниками ситуації в академічній групі напружені;
- рівень самоорганізації кожного окремого комуніканта.

Ураховуючи всі аспекти підготовки курсантів на прикладі дисципліни «Англійська мова (за професійним спрямуванням)» вважаємо за необхідне створення навчально-методичного посібника за такою структурою, де кожний розділ побудований за принципом структурної цілісності і містить логічно об'єднані між собою частини:

1) Лексичний матеріал до теми, комплекс вправ, призначених для введення термінів й інших лексичних одиниць та засвоєння їх значень; формулювання вмінь і навичок використовувати лексичні одиниці професійного спрямування у репродуктивних видах мовленнєвої діяльності; застосування термінології за профілем спеціальності, повторення граматичного матеріалу;
2) Передтекстові завдання, спрямовані на пошук інформації у тексті;
3) Текстовий матеріал, побудований з максимальним використанням фахової літератури;
4) Завдання, пов'язані з осмисленням та відтворенням отриманої інформації у певних мовленнєвих ситуаціях;
5) Творчі завдання, що вдосконалюють сформовані мовленнєві вміння використовувати отриману інформацію у професійно-орієнтованих ситуаціях.

ЛІТЕРАТУРА

1. Стасюкевич И.В. Формирование коммуникативной компетенции у студентов неязыкового вуза: дис. на соиск. наук. степени канд. пед. наук: 13.00.08 «Теория и методика профессионального образования»/ И.В. Стасюкевич. – М., 2005. – 190 с.
2. http://metod-skarb.at.ua/komunikativno-kognitivnij_pidkhid_u_vivchenni_im-1.doc
3. Tuning Project (Університет Деусто (Іспанія), університет Гронінгена (Нідерланди)) /Education & culture. – Socrates-Tempus. – December, 2006. – 101 p.

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ОЦІНКИ БЕЗПЕКИ РУХУ НА ПЕРЕХРЕСТЯХ ЗІ СВІТЛОФОРНИМ РЕГУЛЮВАННЯМ

Меженков А.В.
Автомобильно-дорожный институт Государственного высшего учебного заведения «Донецкий национальный технический университет» (Украина)

Вступ. Актуальність досліджень. В Україні на сьогоднішній день за результатами обробки статистичних даних про дорожньо-транспортні пригоди (ДТП) відбувається близько 2600 ДТП за рік на перехрестях доріг в одному рівні. Сучасні системи регулювання та управління дорожнім рухом на перехрестях доріг в одному рівні використовують інформацію про транспортні потоки, що наближаються до перехрестя, але більшість ДТП відбувається в межах площі самого перехрестя. Вказане розкриває обмеженість відповідного збору та застосування вказаними системами інформації про рух транспортних засобів в області площі перехрестя, як місця концентрації ДТП та, як слідство, робота цих систем має обмежений ефект з точки зору безпеки руху. Особливо вказані аспекти розкриваються в питаннях ефективності світлофорного регулювання з підвищення безпеки руху на перехрестях. Одним з найважливіших негативних явищ застосування світлофорного регулювання є створення ущільнень у транспортних потоках за рахунок яких створюється підвищення інтенсивності взаємодій транспортних потоків на площі пересічення та, як слідство, знижується безпека руху. Зазначене вказує на наявність суттєвої необхідності вдосконалення заходів з забезпечення безпеки руху на перехрестях зі світлофорним регулюванням та розкриває актуальність теми.

Постановка задачі. Об'єктом дослідження є взаємодія транспортних потоків на площі та підходах до перехрестя зі світлофорним регулюванням. Предметом дослідження є підвищення безпеки руху зменшенням інтенсивності взаємодії транспортних потоків на площі та підходах до перехрестя зі світлофорним регулюванням.

Автором вирішуються наступні задачі.

Проводиться аналіз сучасних досліджень безпеки руху на перехрестях зі світлофорним регулюванням [1, 2]. Формулюються теоретичні основи безпеки руху на перехрестях зі світлофорним регулюванням та відповідний метод підвищення безпеки руху [2, 3].

Виконується формалізація характеристик та синтез оціночного критерію безпеки руху на перехрестях зі світлофорним регулюванням на основі аналізу інтенсивності взаємодії транспортних потоків на площі та підходах до перехрестя [2, 3]. Розробляються заходи з підвищення безпеки руху зменшенням інтенсивності взаємодії транспортних потоків на перехрестях зі світлофорним регулюванням [3].

Результати досліджень. У теоретичному плані досліджень автором пропонується введення наступних основ, що й склало мету даної роботи.

„Небезпека руху на перехрестях зі світлофорним регулюванням” – сукупність явищ, які виникають при роботі світлофорного об’єкту на перехресті, що створюють, або погіршують існуючі, умови до рівня умов, при яких виникають дорожньо-транспортні пригоди.

Поширеним заходом зі зменшення небезпеки руху на перехрестях зі світлофорним регулюванням є виключення конфліктних точок [1] за схемами роз’їзду транспортних засобів при проектуванні схем по-фазного руху. Але вказаний захід зменшує показники аварійності безпосередньо на площі перехрестя зі світлофорним регулюванням та підвищує їх на підходах до площі перехрестя. Тобто спостерігається виникнення негативного ефекту зі зниження безпеки руху при застосуванні вказаного заходу. Додатково вимоги світлофорного регулювання передбачають зупинку транспортних засобів на відповідні жовтий та красний сигнали, це є ще одним негативним явищем при роботі або введенні світлофорного регулювання. Вказана вимога без світлофорного

регулювання була практично відсутня (особливо на головному напрямку), за виключенням випадків, коли була наявна необхідність виконувати маневр транспортним засобам другорядного напрямку з надання пріоритету проїзду транспортним засобам головного напрямку руху.

Автором пропонується розглянуту вимогу зупинки транспортних засобів при світлофорному регулюванні, як негативне явище, кількісно охарактеризувати за допомогою „додаткових ущільнень у транспортних потоках на підходах до площі перехрестя та на площі перехрестя".

Транспортні потоки на перехрестях зі світлофорним регулюванням необхідно розглядати на мікроскопічному рівні у вигляді руху окремих транспортних засобів.

Рух транспортних потоків на перехрестях зі світлофорним регулюванням необхідно розглядати за траєкторіями в межах ширини динамічних коридорів окремих транспортних засобів, яки утворюють відповідні „коридори руху транспортних потоків".

Конфліктні точки необхідно розглядати як перетинання відповідних „коридорів руху транспортних потоків" у вигляді „конфліктних областей".

Взаємодію транспортних потоків у „конфліктних областях" пропонується оцінювати за характеристикою: „інтенсивність взаємодії у конфліктній області".

Запропоновано ввести поняття „інтенсивність взаємодій у конфліктній області" – кількість взаємодій пар транспортних засобів при роз'їзді у конфліктній області в одиницю часу продовж відповідної фази світлофорного регулювання.

Вказане поняття було вкладено у основу формалізації досліджуваних явищ з безпеки руху на перехрестях зі світлофорним та дозволило кількісно у математичних формулах за розробленими критеріями, розкрити питання щодо ефективності введення та роботи світлофорного об'єкту з погляду підвищення безпеки дорожнього руху.

Висновки. У роботі сформульовані теоретичні основи оцінки безпеки руху на перехрестях зі світлофорним регулюванням. Введено поняття „небезпеки руху на перехрестях зі світлофорним регулюванням", негативні явища запропоновано характеризувати за допомогою „додаткових ущільнень у транспортних потоках на підходах до площі перехрестя та на площі перехрестя", введені поняття „коридори руху транспортних потоків", „конфліктні області", „інтенсивність взаємодії у конфліктній області". Зазначені основи дозволять провести формалізацію явищ, що досліджуються, та вирішити задачі з підвищення безпеки руху на перехрестях зі світлофорним регулюванням.

ЛІТЕРАТУРА

1. Дудников А.Н. Можливість підвищення безпеки руху зменшенням інтенсивності взаємодії транспортних потоків за вимогами світлофорного регулювання на перехрестях / А.Н. Дудников, А.В. Меженков // Сборник научных трудов SWorld. Материалы международной научно-практической конференции «Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании '2012». – Выпуск 4. Том 1. – Одесса: КУПРИЕНКО, 2012. – С. 62 – 64.

2. Дудников А.Н. Формалізація зміни площі конфліктних областей регульованого перехрестя з урахуванням змін інтенсивності взаємодії транспортних потоків / А.Н. Дудников, А.В. Меженков // Вісті Автомобільно-дорожнього інституту: Науково-виробничій збірник. – Горлівка , 2012. - №2 (15). – С. 96 – 105.

3. Меженков А.В. Додаткові ущільнення транспортних потоків на підходах до регульованого перехрестя / А.В. Меженков // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – Харьков: ЧП «Технологический центр», 2014. – №3/3 (69). – С. 11 – 17.

МОТИВАЦИЯ В ПОДГОТОВКЕ МОРСКИХ АГЕНТОВ КАК ОПЕРАТОРОВ СЕРВИСНЫХ ЭРГАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ТРАНСПОРТЕ

Петров И.М.
Национальный университет «Одесская морская академия» (Украина)

Введение. В последнее время в связи с переходом у рыночным отношениям коммерческая эксплуатация на морском транспорте стала рассматриваться как предпринимательская деятельность. Это обстоятельство потребовало изменения подходов к оценке деятельности специалистов, занятых в сервисном сегменте на морском транспорте. Ведущей фигурой в обозначенной сфере деятельности является морской агент, как представитель и помощник судовладельца, выступающий от его имени и за его счет в соответствии с полномочиями, основанными на законе или договоре, во всех делах судовладельца коммерческого и административного характера, которые связаны с морской перевозкой грузов или пассажиров [1]. Данное определение раскрывает то многообразие и сложность задач, которые ему приходится решать при обслуживании судна. В свою очередь, агент явдяется элементом сервисной эргатической системы, ее оператором. Для обеспечения качественного и эффективного функционирования таких систем должны быть разработаны и учтены требования к обучению, отбору и деятельности морских агентов как операторов сервисных эргатических систем, успешность которых зависит и от мотивации, как присущей индивидуму, так и развитой в процессе обучения, тренингов и производственной деятельности.

Актуальность исследования. Влияние мотивации на эффективность профессиональной деятельности рассмотрено в трудах В. Довженко, А. В. Мудрика, В.А. Губина, Д. Мак Клелланда, А.К. Марковой, С.И. Макшанова, Е.П. Ильина, П.Т. Долгова, А.П. Баранникова, Д.И. Бавыкина, А.С. Шарова и других отечественных и иностранных исследователей [2-5]. Однако большинство работ носят теоретический характер и все они рассматривают деятельность, не относящуюся к сфере морского агентирования. Это предопределяет актуальность данной проблемы.

Постановка задачи. Работа имеет целью исследовать и отразить влияние мотивации на успешность обучения и деятельности морских агентов как операторов сервисных эргатических систем. Для достижения указанной цели решаются задачи обоснования и уточнения влияния основных факторов, влияющих на подготовку и успешную деятельность морского агента и место мотивации в их структуре.

Результаты исследования. На первом этапе исследования был проведен анализ составляющих, участвующих в подготовке морского агента, как элемента сервисных эргатических систем При этом использовался системный подход. Нами были выделены следующие эдементы: собственно подготовка (обучение); личностные характеристики обучаемого; функциональная модель морского агента.

Функциональная модель должности агента строилась на основе анализа требований, содержащихся в стандартных проформах агентских соглашений, различных документах, относящихся к эксплуатации торгового флота, а также хорошей морской практики в области морского агентирования, что предусматривает осуществление обязанностей агента, сформировавшихся правил работы, согласующихся с накопленным историческим опытом, здравым смыслом и состоянием науки в данной области [1].

В основу системы подготовки положен опыт, накопленный в результате работы специализации “Морские перевозки, фрахтование и агентирование судов”, действующей на судоводительском факультете НУ «ОМА» с 2002 г.

Третья составляющая – это личностные характеристики обучаемых. Принималось во внимание, что морской агент должен обладать целым рядом необходимых психофизиологических качеств: физической выносливостью, устойчивостью психики,

способностью намечать варианты обслуживания в условиях дефицита времени и выбирать из них оптимальный, устойчивостью внимания, способностью быстро переключать внимание с одного объекта на другой, умением распределять его одновременно на несколько объектов, действовать подчас в экстремальных условиях, способностью к самоанализу и многими другими качествами. При этом нужно иметь в виду, что отсутствие необходимых психофизиологических качеств реально невозможно компенсировать ни образованием, ни долголетним опытом работы.

Обобщенная модель подготовки морского агента приведена на рис1.

Рисунок 1. Обобщенная модель морского агента

Нами проанализировано влияние мотивации на содержание второго и третьего компонента приведенной обобщенной модели. При этом рассмотрены как внутренние мотивы, так и внешние.

К внутренним мотивам отнесены: побуждение к производственной деятельности; понимание роли агента в морском судоходстве; стремление попасть на работу в сфере агентирования; получаемое удовлетворение от этой работы: профессиональные наклонности, притязания и ожидания.

Внешние мотивы рассмотрены как положительные, так и отрицательные К положительны относятся: соответствие оплаты запросам; обеспечение карьерного роста; профессиональный статус в социуме и компании. К отрицательным относятся: осуждение и критика со стороны принципалов и руководства компании; замечания, штрафы, наказания м увольнение: ограничения в карьерном росте агента.

Выводы:

1. На уровень качества подготовки и профессиональной успешности агентов немалое влияние оказывает мотивация;

2. Профессиональная мотивация в деятельности морских агентов требует более подробного анализа и корректировки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Петров И.М. Организационные и коммерческие взаимоотношения морского агента: Учебное пособие. – Севастополь: Изд-во УМИ, 2007. – 131 с.

2. Маркова А.К. Психология профессионализма. М., 1983. С.64.

3. Ильин Е.П. Мотивация и мотивы. СПб: 2000.- С.50.

4. Долгова П.Т. Психолого-педагогические условия формирования и развития мотивации профессионального роста руководителя.. Челябинск: 1999. - С. 148.

5. Баранников А.П. Повышение эффективности производства через воздействие на мотивационно-потребительскую сферу человека. М.: 1988.- С. 12- 14.

РОЗРОБЛЕННЯ АЛГОРИТМУ РЕАЛІЗАЦІЇ КОМПЕТЕНТНІСНОГО ПІДХОДУ ПРИ ПІДГОТОВЦІ МАЙБУТНІХ СУДНОМЕХАНІКІВ

Проценко В.О., Настасенко В.О.
Херсонська державна морська академія (Україна)

Одним із очевидних підходів до підготовки суднового механіка є компетентнісний підхід, що базується на необхідності забезпечення досягнення майбутнім судновим механіком мінімальних компетентностей, встановлених кодексом ПДНВ. Зокрема, у розділі А-III/1 кодексу ПДНВ встановлено компетентність «Технічне обслуговування та ремонт суднових механізмів та обладнання», що забезпечується рядом компетенцій [1].

Оволодіння цими компетенціями повинно дозволити механіку обґрунтовано приймати рішення і усвідомлено демонструвати відповідну базову компетентність. А забезпечити оволодіння цими компетенціями повинен навчальний заклад, реалізуючи свою освітню функцію відповідно до вимог ПДНВ.

Забезпечення варіанту підготовки механіка, який здатен приймати рішення за рахунок знання процесів, що відбуваються в обладнанні, його конструкції, та володіння практичними навичками роботи з ним., відповідно до діючих стандартів компетентності викликає ряд труднощів, що повинен подолати навчальний заклад, виконуючи свою функцію підготовки спеціалістів. Розрізненість вимог до компетентності Кодексу [1] та змісту стандарту освіти [2] (далі Стандарт), особливості навчального процесу в сучасних ВНЗ України взагалі, теоретичної та практичної підготовки майбутніх судномеханіків зокрема, а також особливості роботи інженерів судномеханіків, що здобули освіту в Україні, в закордонних компаніях, – формують умови для виконання нових досліджень в галузі теоретичних та практичних особливостей впровадження компетентнісного підходу при підготовці майбутніх суднових механіків та розроблення відповідного алгоритму його реалзації.

Виклад основного матеріалу. Очевидний початок впровадження компетентнісного підходу в підготовку майбутніх судномеханіків – розв’язання першої проблеми – уточнення змісту дисциплін, що передбачені Стандартом [2] з метою його узгодження із вимогами Кодексу [1]. Кодексом виписано чіткий набір мінімальних компетентностей, що необхідно опанувати майбутньому судномеханіку, і які повинні бути забезпечені в результаті вивчення дисциплін, передбачених Стандартом. При цьому, якщо рівень компетентності випускника навчального закладу представити у вигляді кола, то дисципліни Стандарту, зображені в середині кола криволінійними фігурами, повинні в ідеалі, як мінімум, мати площу не меншу площі кола рівня компетентності та мати спільні границі, тобто стикуватися між собою. Фактично зміст суміжних дисциплін нерідко має дубльовані теми та невисвітлені взагалі, що у підсумку призводить до появи «перекриттів» та «нестиковок» при забезпеченні заданого Кодексом рівня компетентності та є значною проблемою під час впровадження компетентнісного підходу при підготовці судномеханіків. Якщо наявність «перекриття» змісту дисциплін навчального плану суттєвого негативного впливу на якість підготовки судномеханіків не має, та є навіть корисною для кращого засвоєння матеріалу і формування умов для подальшого розширення технічного кругозору і виконання наукових досліджень, то наявність «нестиковок» – шкідливий фактор і потребує якнайшвидшого коригування змісту дисциплін.

Таким чином, уточнення змісту дисциплін необхідно виконати на першому етапі впровадження компетентнісного підходу, з метою ліквідації «нестиковок» у їх змісті та вимогах Кодексу. При цьому збагачення студента потрібною інформацією повинно відбуватись у всіх можливих випадках. Особливо важливим при цьому є побудова навчальних планів таким чином, щоб забезпечувалась наскрізна фахова підготовка за рахунок вивчення спеціальних дисциплін починаючи з першого курсу.

За умов скорочення обсягу ключових навчальних дисциплін, цього можна досягнути також за рахунок поглиблення міжпредметних зв'язків і взаємної інтеграції дисциплін природничо-наукового, загальноінженерного та спеціального блоків. Наприклад, забезпечення початкового ознайомлення зі змістом спеціальних дисциплін та рівнем сучасної техніки в період вивчення загальнотехнічних предметів – машинобудівного креслення, комп'ютерної графіки, матеріалознавства, теоретичної механіки, опору матеріалів, теорії механізмів та деталей машин. Це можливо здійснювати за рахунок відповідного підбору та висвітлення навчального матеріалу і вивчення загальних правил та законів на прикладі об'єктів із майбутньої спеціальності студента – збільшення кількості професійно-орієнтованих прикладів, подання більш розгорнутих докладних пояснень та коментарів, проблемних випадків з історії техніки. Загальноінженерні предмети повинні бути широко інтегровані зі спеціальними, так виконуючи лабораторні роботи з цих дисциплін майбутній судномеханік повинен перший раз брати в руки вимірювальні та монтажні інструменти, працювати зі зразками техніки «в металі», отримувати загальноінженерні знання на прикладі тих об'єктів техніки, з якими він працюватиме в майбутньому на судні. Це забезпечить формування комплексних міцних знань та компетенцій у випускника навчального закладу, відповідність змісту та якості його підготовки високому званню інженера та вимогам ПДНВ. Досягти такої мети можна лише інтенсифікацією вивчення предметів із великим обсягом практичних завдань та виконанням курсових проектів із залученням сучасних знань та технологій проектування. Всі загальноінженерні предмети повинні бути тісно пов'язані і вивчатися комплексно, на об'єктах суднового обладнання. Основна робота при уточненні змісту дисциплін лягає на викладача і потребує уважного ставлення та контролю. Зміст спеціальних дисциплін повинен бути, крім іншого, таким, щоб забезпечити виконання курсантами на старших курсах дипломних проектів чи робіт. Контроль змісту дисциплін можна виконувати, залучаючи до цієї роботи діючих механіків та виконуючи опитування студентів старших курсів, які мають практичний досвід та представників роботодавців, що безпосередньо працюють з випускниками навчальних закладів. При забезпеченні наведених заходів щодо коригування змісту дисциплін виникає наступна – друга проблема, пов'язана з особистою компетентністю викладача та якістю його роботи зі студентами. Вплив компетентності самого викладача є одним із ключових, оскільки саме викладач повинен забезпечити знання студентом процесів, що відбуваються в обладнанні, його конструкції, та володіння практичними навичками роботи з ним. Рівень власної компетентності викладача може стати появою на полі рівня компетентності майбутнього спеціаліста, участь у підготовці якого бере викладач, додаткових «чорних дір», ліквідація яких практично неможлива.

Компетентного спеціаліста може підготувати виключно компетентний спеціаліст, тому до підготовки суднових механіків обов'язково повинні бути залучені саме інженери-механіки, які мають вищу технічну освіту суднобудівного, судномеханічного чи машинобудівного спрямування, досвід роботи в морі чи на виробництві, кандидати та доктори виключно технічних наук, які мають сили та бажання віддавати знання. Початковим критерієм для підбору викладачів повинна бути наявність серйозних публікацій за напрямками, що відповідають дисциплінам, що викладаються ними. Саме викладачі, які працюють зі студентами на молодших курсах повинні зацікавити їх майбутньою спеціальністю, привити бажання отримувати нові знання, прагнення до самоосвіти тощо. До викладання спеціальних дисциплін на молодших курсах повинні бути залучені провідні методисти та педагоги випускових кафедр, які, кожного разу заходячи в аудиторію, розуміють свою відповідальність перед молодим поколінням і бояться розчарувати його. Контроль власної компетентності викладача можуть виконувати: курсанти – шляхом організації їх анонімних опитувань, а також провідні викладачі кафедр та представники роботодавців, яких необхідно залучати до відвідування

занять. Важливий інструмент при вирішенні цієї проблеми – організація підвищення кваліфікації викладачів із обов'язковим його контролем.

Третя проблема – побудова навчального процесу, а саме аспекти його безпосередньої організації та відношення до нього студентів. Тут все має велике значення, починаючи від роботи кураторів груп, командирів курсів і деканату, до розстановки дисциплін у розкладі кожного навчального дня та аудиторій, де вони викладаються. Зробивши свої перші кроки по території навчального закладу, студент повинен відчувати панівну роль дисципліни та раціоналізму в навчальному процесі. Дисципліна при цьому повинна проявлятись не стільки в тотальному контролі та безкінечній паперовій пелені рапортів за важливими і неважливими приводами, скільки у вихованні відповідального відношення до навчання. На молодших курсах повинна бути активною робота кураторів та взаємодія їх із батьками, шляхом проведення батьківських зборів, контроль пропусків занять та успішності під час модульних контролів. Як показує практика, серед студентів старших курсів існує значна кількість відповідальних та дисциплінованих особистостей, залучення їх до діагностики і організації навчального процесу повинне дати позитивні результати.

Четверта проблема – забезпечення практичної підготовки студентів на практичних та лабораторних заняттях. Напряму це залежить від стану лабораторної бази. Важливим і прогресивним кроком стає впровадження тренажерів суднових енергетичних установок, що дозволить забезпечити компетенції передбачені Кодексом на рівні управління. Для забезпечення попередніх компетенцій, що забезпечують рівень експлуатації, потрібно безпосередньо знайомити майбутніх фахівців із натурними зразками обладнання «в металі», в тому числі діючими. Цього можна досягти, встановлюючи в лабораторіях нове та експлуатоване обладнання – насоси, компресори, сепаратори, теплообмінні апарати, прилади тощо, виготовляючи та впроваджуючи діючі моделі механізмів. Перспективи удосконалення лабораторної бази можуть безперервно встановлюватись за рахунок опитування студентів старших курсів, діючих суднових механіків. Під час оснащення лабораторій повинні враховуватись вимоги роботодавців, які враховують специфічні умови роботи випускників навчального закладу (напр. офшорне обладнання).

Сумарний вплив чотирьох проблем на забезпечення рівня компетентності майбутнього судномеханіка показаний на рис. 1. Очевидно, що такий результат підготовки майбутнього судномеханіка, коли набуття більшої частини компетентностей не забезпечене, не може бути визнаний задовільним. Він обумовлює потребу в розробці та впровадженні відповідного алгоритму реалізації компетентнісного підходу, що дозволить досягти зміни якості підготовки майбутніх судномеханіків із урахуванням вимог Кодексу.

Рисунок 1. Сумарний вплив основних проблем при впровадженні компетентнісного рівня компетентності майбутнього судномеханіка

Виконаний аналіз проблем на шляху впровадження компетентнісного підходу та факторів, що його обумовлюють дозволяє сформулювати вимоги до алгоритму реалізації компетентнісного підходу при підготовці судномеханіків. Фактично новий алгоритм повинен відповідати наступним вимогам:

1) алгоритм повинен забезпечити рівень компетентності випускника навчального закладу не нижче рівня компетентності, встановленого Кодексом;

2) алгоритм повинен забезпечити саморегуляцію навчального процесу (самомоніторинг, самодіагностику, самоконтроль та самовдосконалення);

3) саморегуляція повинна бути забезпечена в алгоритмі багатьма паралельними потоками з метою підвищення безвідмовності алгоритму;

4) алгоритм повинен забезпечити можливість впливу об'єктів навчального процесу на нього;

5) алгоритм повинен забезпечити комплексний взаємний вплив суб'єктів та об'єктів навчального процесу.

Блок-схема, що ілюструє структуру розробленого алгоритму показана на рис. 2.

Розгляд розробленої блок-схеми дозволяє розглянути її відповідність встановленим вимогам.

Саморегуляція навчального процесу забезпечена багатьма потоками:

1) регуляція за рахунок опитування студентів стосовно змісту дисциплін, що ним викладаються, власної компетентності викладачів, лабораторної бази, організації навчального процесу (потребує забезпечення відсутності стороннього впливу на результати опитувань, анонімності опитувань, на початковому етапі впровадження практично потрібні опитування після кожного заняття);

2) регуляція за рахунок діагностики компетентності підготовки студентів навчальним закладом (потребує залучення незалежних компетентних спеціалістів);

3) регуляція за рахунок діагностики компетентності студентів роботодавцем.

Можливість впливу об'єкта навчального процесу на його суб'єкти забезпечена моніторингом думки студентів про якість їх навчання і повинна бути врегульована законодавчо.

Взаємний вплив суб'єктів та об'єктів навчального процесу забезпечується наявністю з одного боку жорсткої дисципліни, а з іншого – урахуванням побажань студентів щодо побудови навчального процесу.

Інструмент, що запропоновано використовувати для діагностики навчального процесу, власної компетентності викладачів та ін. – опитування студентів, не зважаючи на уявну простоту, може дати позитивні результати. Особливо цінне опитування студентів старших курсів, які готуються до захисту, чи вже захистили дипломну роботу або проект. Думка останніх навряд чи може бути упередженою чи заангажованою, оскільки їх компетентність – результат роботи конкретного навчального закладу, а її рівень перевірений роботою на флоті чи під час практик.

Висновок. Розроблений алгоритм, при його впровадженні в навчальний процес, дозволяє забезпечити рівень компетентності випускника навчального закладу не нижче рівня компетентності, встановленого Кодексом, саморегуляцію навчального процесу (самомоніторинг, самодіагностику, самоконтроль та самовдосконалення), саморегуляція забезпечена в алгоритмі багатьма паралельними потоками з метою підвищення його безвідмовності. Алгоритм забезпечує можливість впливу об'єктів навчального процесу на нього та комплексний взаємний вплив суб'єктів та об'єктів навчального процесу. Впровадження запропонованого алгоритму може потребувати значних змін у побудові навчального процесу, поступок деякими класичними освітянськими штампами та рішучих кадрових змін, але дозволить забезпечити підготовку судномеханіків із рівнем компетентності не нижче вимог ПДНВ.

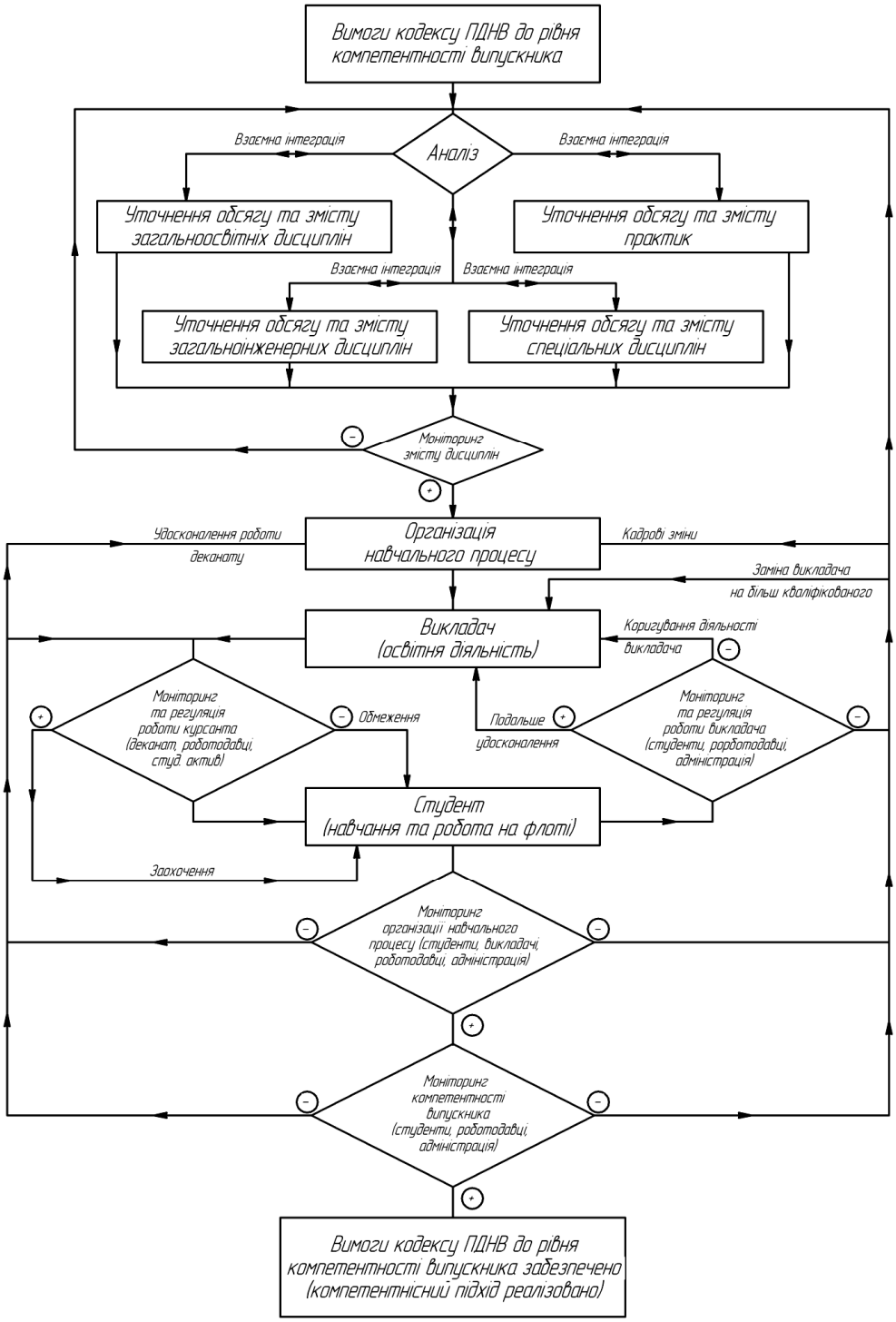


Рисунок 2. Блок-схема алгоритму реалізації компетентнісного підходу при підготовці майбутніх судномеханіків

ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс з підготовки і дипломування моряків та несення вахти (ПДНВ).

2. Галузевий стандарт вищої освіти України. Освітньо-професійна програма підготовки бакалавра. Галузь знань 0701 Транспорт і транспортна інфраструктура. Напрям підготовки 6.070104 Морський та річковий транспорт. – К. : МОНМС, 2012. – 24 с.

3. Петрук В.А. Теоретико-методичні засади формування базових професійних компетенцій у майбутніх фахівців технічних спеціальностей : автореф. дис. д-ра пед. наук: 13.00.04 / В.А. Петрук. – К., 2008. – 36 с.

ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕДУРИ АНАЛІЗУ ОЦІНОЧНИХ ФУНКЦІЙ, ПОБУДОВАНИХ ДЛЯ ЗАКРИТИХ ЗАДАЧ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ АВІАЦІЙНИМИ ОПЕРАТОРАМИ «ПЕРЕДНЬОГО КРАЮ»

[1]Рева О. М., [1]Борсук С.П., [2]Мухтаров, [2]Мірзоев Б. М.
[1]*Національний авіаційний університет (Україна)*
[2]*Головний центр Єдиної системи управління повітряним рухом держпідприємства AZANS (Азербайджанська Республіка)*

Вступ. Загальноприйнятим наразі є визначення провідної ролі авіаційних операторів (АО) «переднього краю» (авіадиспетчерів (А/Д), членів льотного екіпажу) у забезпеченні безпеки польотів (БП), рівень якої залежить від характеру відповідного впливу: позитивного чи негативного [1]. При цьому слід констатувати, що професійна діяльність зазначених операторів зазвичай розглядається як безперервний ланцюг рішень, що виробляються і реалізуються в явних і неявних формах під впливом багатьох чинників (внутрішніх/зовнішніх, об'єктивних/суб'єктивних), особливо ризиків і невизначеності.

У праці [2] обгрунтовано, що зі спектру складових, що утворюють поточну парадигму БП ІСАО [3], важливішою слід вважати «ставлення персоналу до безпечних дій та умов», оскільки саме ця складова найкращим чином пояснює виникнення усіх інших. Зазначене «ставлення» проактивно враховується, у тому числі шляхом побудови і аналізу оціночних функцій корисності (ОФК) характеристик і показників професійної діяльності АО, що відображають особливості прояву людського чинника (ЛЧ) у процедурах прийняття рішень (ПР). Такого роду дослідженнями на сьогодні займаються під керівництвом проф. О. М. Реви вчені та фахівці Азербайджану, Казахстану та України.

Актуальність. Оціночні функції корисності показників і характеристик професійної діяльності АО будують за спеціальними процедурами по обмеженій (для закритих задач ПР (ЗПР)) [1; 4-6 та ін.] і формально необмеженій (для відкритих ЗПР) [1; 7; 8 та ін.] кількості точок. Причому у першому випадку в результаті аналізу ОФК встановлюється основна домінанта ПР (ОДПР) АО в умовах ризику (схильність, несхильність, байдужість), а у другому – рівень домагань (РД), як найбільш стабільний системоутворюючий показник особистості АО, який найкращим чином характеризує адекватність їх самооцінки, що є незвичайно важливим з позицій забезпечення належного рівня БП.

Розглянемо побудову ОФК на континуумі будь-якої норми ешелонування повітряних судів (ПС) S для закритої ЗПР. Процедура полягає у встановленні координат п'яти характерних точок S_0 , $S_{0,25}$, $S_{0,5}$, $S_{0,75}$, S_1 , індекси яких вказують на їх відповідну корисність. Причому точка S_1 відповідає відстані між ПС, яка дорівнює нормі ешелонування ПС (НЕПС) S. Таким чином, природньо, що перша і остання з перелічених точок мають наступну корисність:

$$\begin{cases} f_{UF}\left(S = S_0 = 0\right) = 0 \\ f_{UF}\left(S = S_1 = S_{НЕПС}\right) = 1 \end{cases}, \quad (1)$$

де $f_{UF}\left(S\right)$ – позначка ОФК.

Інші характерні точки знаходяться шляхом вирішення віртуальних лотерей (рис. 1) і визначення їх детермінованих еквівалентів. Причому під запозиченим еквівалентом розумітимемо такий наслідок (відстань між ПС), коли А/Д як людині, яка приймає рішення (ЛПР) буде байдуже, чи отримати його напевно, чи прийняти участь в лотереї, де з рівними шансами 50%-50% можна отримати результат, який абсолютно влаштовує, чи не влаштовує випробуваного.

Як бачимо з рис. 1, важливішим є детермінований еквівалент з корисністю 0,5 ($S_{0,5}$), оскільки його застосовують для визначення інших характерних точок (рис. 1 б, в). Далі по отриманих п'яти точках будується і аналізується ОФК (рис. 2).

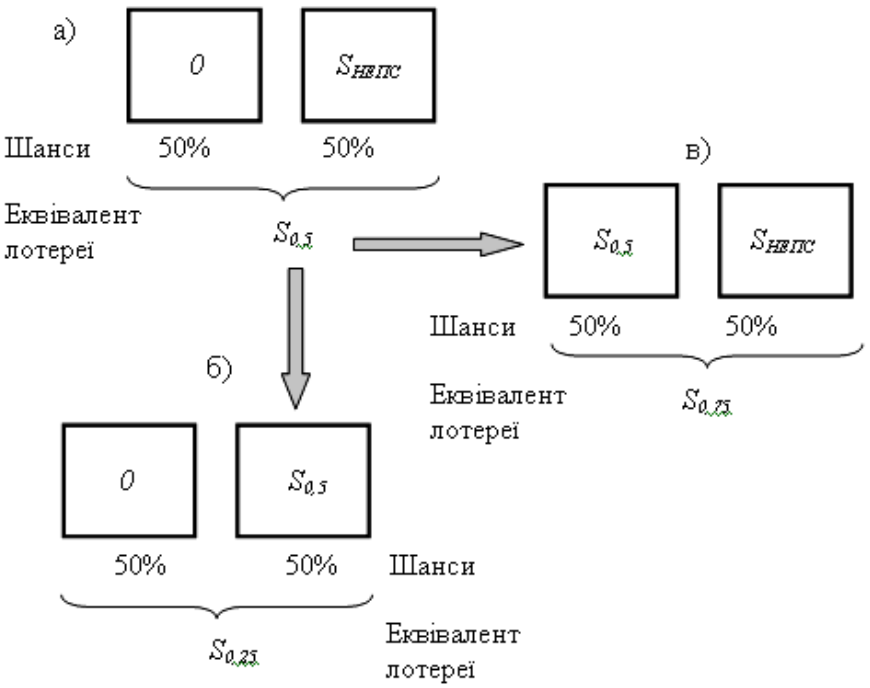


Рисунок 1. Лотереї для визначення характерних точок оціночної функції корисності континууму норми ешелонування повітряних суден

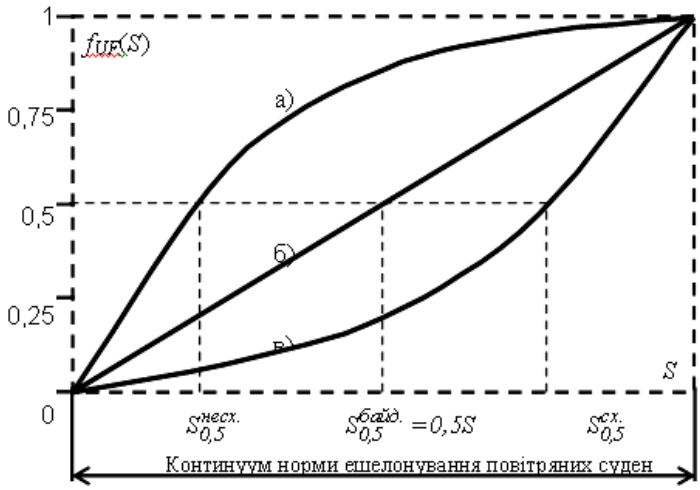


Рисунок 2. Типові оціночні функції корисності, що ілюструють основні домінанти прийняття рішень в умовах ризику: а) – несхильність; б) – байдужість; в) – схильність

Під час аналізу ОФК за основу береться так звана *надбавка за ризик* (НР):

$$НР = \overline{S} - S_{0,5} = \begin{cases} > 0 & - несхильність\ до\ ризику \\ < 0 & - схильність\ до\ ризику \\ = 0 & - байдужість\ до\ ризику \end{cases}, \qquad (2)$$

де $\overline{S}$ – середній виграш лотереї, поданої на рис. 1 а):

$$\overline{S} = 0,5 \cdot S_0 + 0,5 \cdot S_1 = 0,5 \cdot (S_0 + S_1). \qquad (3)$$

Вираз (2) дозволяє встановлювати ставлення АО до ризику, орієнтуючись лише на одну точку $S_{0,5}$, яка детермінованим еквівалентом важливішої лотереї на рис. 1. Однак, в такому випадку не враховується можливість перегину ОФК на інших ділянках досліджуваного континууму НЕПС. Отже, йдеться про необхідність вдосконалення процедури аналізу ОФК шляхом усунення зазначеного недоліку.

Постановка завдання. Виходячи з вищенаведеного, завдання цього дослідження полягає у розробці такої процедури аналізу ОФК, яка б дозволяла надавати інтегративну

оцінку ставлення АО до ризику, враховуючи його можливі зміни на усьому континуумі досліджуваної характеристики (показника) професійної діяльності АО. В нашому конкретному випадку йдеться про встановлення інтегративної оцінки ОДПР А/Д на усьому континуумі НЕПС.

Уточнення та вдосконалення процедури інтегративної оцінки ставлення А/Д до ризику. Для досягнення сформульованої мети візьмемо за основу ОФК ЛПР, байдужої до ризику (рис. 3.а).

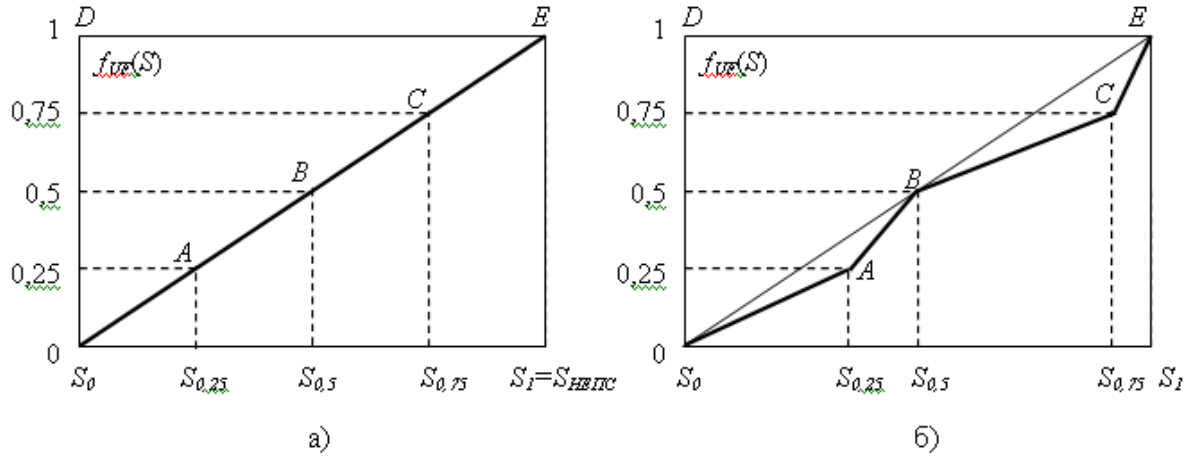


Рисунок 3. Ілюстрація процедури визначення площі багатокутника для встановлення основної домінанти прийняття рішень: а) – для випадку байдужості до ризику; б) – для випадку неявного прояву домінанти прийняття рішень

Адже дійсно, з рис. 3 а) видно, що він утворюється двома прямокутними трикутниками: $\Delta S_0DE=\Delta S_0S_1E$, площі яких визначаються тривіально:

$$S_{\Delta S_0DE}=S_{\Delta S_0S_1E}=\frac{1}{2}S_1\cdot f_{UF}\left(S_1\right)=\frac{1}{2}S_{НЕПС}\cdot 1=\frac{1}{2}S_{НЕПС}. \qquad (4)$$

Враховуючи загальний вид ОФК, що ілюструють несхильність та схильність до ризику (рис. 2 а, в), можна припустити, що у випадку несхильності до ризику площа під кривою на рис. 3 а) має бути більша за (4), а якщо про схильність до ризику, то менша за (4).

Якщо звернутися до рис. 3 б), то отримуємо, що НР, встановлена відповідно до виразу (2) дорівнює 0. Однак, враховуючи загальний абрис багатокутника S_0ABCES_1, зовсім не очевидна демонстрація байдужості до ризику, а слід розглядати схильність до ризику.

У загальному випадку площа (*area*) шестикутника S_0ABCES_1 на рис. 3 б), незалежно від схильності/несхильності до ризику, може розглядатися як сума одного прямокутного трикутника і трьох прямокутних трапецій:

$$Ar\left(S_0ABCES_1\right)=S_{S_0AS_{0,25}}+S_{S_{0,25}ABS_{0,5}}+S_{S_{0,5}BCS_{0,75}}+S_{S_{0,75}CES_1}=$$

$$=\frac{1}{2}\left\{S_{0,25}f_{UF}\left(S_{0,25}\right)+\left(S_{0,5}-S_{0,25}\right)\left[f_{UF}\left(S_{0,25}\right)+f_{UF}\left(S_{0,5}\right)\right]+\right.$$

$$\left.+\left(S_{0,75}-S_{0,5}\right)\left[f_{UF}\left(S_{0,5}\right)+f_{UF}\left(S_{0,75}\right)\right]+\left(S_1-S_{0,75}\right)\left[f_{UF}\left(S_{0,75}\right)+f_{UF}\left(S_1\right)\right]\right\}=$$

$$=\frac{1}{2}\left[\frac{1}{4}S_{0,25}+\frac{3}{4}\left(S_{0,5}-S_{0,25}\right)+\frac{5}{4}\left(S_{0,75}-S_{0,5}\right)+\frac{7}{4}\left(S_1-S_{0,75}\right)\right]=$$

$$=\frac{1}{8}\left[S_{0,25}+3\left(S_{0,5}-S_{0,25}\right)+5\left(S_{0,75}-S_{0,5}\right)+7\left(S_1-S_{0,75}\right)\right]=$$

$$=\frac{1}{8}\left[7S_1-2\left(S_{0,25}+S_{0,5}+S_{0,75}\right)\right]. \qquad (5)$$

Таким чином, з урахуванням отриманого виразу (5) НР (2) буде мати такий вид:

$$HP = S_{НЕПС} - \frac{1}{4}\left[7S_{НЕПС} - 2\left(S_{0,25} + S_{0,5} + S_{0,75}\right)\right] = \begin{cases} > 0 & - \textit{схильність до ризику} \\ < 0 & - \textit{несхильність до ризику} \\ = 0 & - \textit{байдужість до ризику} \end{cases}. \quad (6)$$

Отже, за допомогою отриманого нами уточненого виразу НР уперше з'явилися можливість встановлювати ОДПР, спираючись на усю сукупність характерних точок ОФК. Ефективність пропонованої моделі підтверджується тим, що під час проведення досліджень з встановлення ОДПР студентів-А/Д на НЕПС 17,8% від ОДПР, початково встановлених за допомогою виразу (2), були змінені після їх уточнення за допомогою наших рекомендацій.

Висновки. Узагальнюючи отримані і подані нові наукові результати, слід констатувати факт суттєвого покращення процедури аналізу емпіричних ОФК, що будуються для закритих ЗПР и призначені для встановлення ОДПР АО в умовах ризику. На відміну від діючих підходів здійснена реалізація процедури інтегративного аналізу ставлення до ризику на усьому континуумі досліджуваних показників (характеристик, умов) професійної діяльності. Ефективність результатів досліджень підтверджується тим, що за рахунок більш детального аналізу їх застосування сприяло зміні початково встановлених ОДПР на 17,8%. Подальші дослідження слід проводити в напрямах автоматизації процедур проведення досліджень, а також встановлення інтегративного показника ОДПР на усьому спектрі існуючих НЕПС.

ЛІТЕРАТУРА

1. Рева, А. Н. Человеческий фактор и безопасность полетов : (Проактивное исследование влияния) [Текст] : монография / А. Н. Рева, К. М. Тумышев, А. А. Бекмухамбетов ; науч. ред. А. Н. Рева, К. М. Тумышев. – Алматы, 2006. – 242 с.

2. Нечітка міра розпізнавання авіадиспетчерами небезпеки порушень норм ешелонування повітряних суден / О. М. Рева, В. А. Шульгін, П. Ш. Мухтаров, Б. М. Мірзоєв // // Авіаційно-космічна техніка і технологія : наук.-техн. ж. – Х. : Національний аерокосмічний ун-тет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2015. - № 10. – С.147-153.

3. Руководство по управлению безопасностью полетов (РУБП) [Текст] : Doc. ICAO 9859 – AN / 474. – Изд-е 3-е. - Монреаль, Канада, 2013.

4. Надежность и эффективность в технике : Справочник в 10 т. - Т. 3. Эффективность технических систем [Текст] / под общ. ред. В. Ф. Уткина, Ю. В. Крючкова. – М. : Машиностроение, 1988. – 328 с.

5. Бекмухамбетов, А. А. Совершенствование деятельности оператора на базе теории и практики управления рисками при обеспечении безопасности полетов [Текст] : автореф. дис... кандидата техн. наук. Специальность 05.22.14 - Эксплуатация воздушного транспорта. – СПб., 2005. - 26 с.

6. Стійкість основної домінанти прийняття рішень авіадиспетчером в умовах ризику [Текст] / О. М. Рева, П. Ш. Мухтаров, Б. М. Мирзоєв [та ін.] // Авіаційно-космічна техніка і технологія : наук.-техн. ж. – Х. : Національний аерокосмічний ун-тет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2014. - № 10. – С.147-153.

7. Козелецкий, Ю. Психологическая теория решений [Текст] : пер. с польск. Г. Е. Минца, В. Н. Поруса / Ю. Козелецкий; под ред. Б. В. Бирюкова. - М. : Мир, 1979. – 504 с.

8. Мухтаров, П. Ш. Людський чинник в аеронавігації : рівні домагань авіадиспетчерів при оцінці бажаності відстані між повітряними судами [Текст] / П. Ш. Мухтаров // Науковий Вісник Херсонської державної морської академії : наук. ж. – Херсон : ХДМА, 2014. - № 1. – С. 283-288.

SOME ISSUES OF COMPETENCY BASED LANGUAGE TEACHING

Ivan Ryabukha
Kherson State Maritime Academy (Ukraine)

Introduction. Competency-based education (CBE) is rather popular now among educationalists around the world and scientists are trying to implement their own versions of competency-based curricula. The milestone of this popularity is what it means for foreign language teachers, classrooms, and students.

CBE became popular in the U.S. during the 1970s where it was used in vocational training programs; then it spread to Europe in the 1980s and it was used in Australia to measure professional-skills. Throughout its evolution, CBE has been known by a variety of names including performance-based learning, criterion-referenced learning, and capabilities-driven instruction [1].

The basic idea of CBE is to focus on objective and observable and easily measurable outcomes. CBE demands students to demonstrate value-added skills which are assessed by looking at outcomes rather than process [2].

Competency-based language teaching (CBLT) is an application of the principles of CBE to a language setting [3].CBLT demands language to be connected to a social context and learners to demonstrate ability to use the language to communicate effectively [3].

Objective. We are going to outline basic issues connected with competency based language teaching.

Results of research. A competency refers to "critical work functions" or tasks in a defined setting [2]. Successful completion of each specific task involves a set of skills and knowledge which must be accurately applied. In CBLT, a competency can be understood as the final task specified at the end of a learning module. Students learn to use the language in authentic situations likely to be encountered outside the classroom. For instance, a student might have to fill out an application form, provide a personal medical history, or give directions on how to complete a specific task. Although students must practice in order to become competent, competencies are not practice activities. *Competencies are practical applications of language in context*.

Well-designed competencies include several components. First, they describe the specific knowledge and skills that can be applied to novel and complex situations. For example, the ability to understand emergency instructions is important outside of the classroom and that knowledge will be useful many years after that. Next, each competency must have clear performance criteria that allow students to know their level and what they should do to improve themselves. Finally, competency must be personalized [4]. Poorly designed, non-explicit criteria and tasks will likely lead to probable failure since it would be difficult or even impossible to specify what needs to be done and to determine whether or not such competencies have been achieved.

CBLT requires a new approach to teaching i.e. classes must be student-centered. The ability to recite grammar rules or to identify errors in a written practice is not sufficient to measure competence. Students must demonstrate that they can accomplish specific tasks that are likely to be encountered in the real world using the target language. Competency-based lessons should be built around the skills necessary to carry out specified tasks.

The role of the teacher changes from one of being an information-giver to that of a facilitator. Teachers provide the materials, the activities, and the practice opportunities to their students . The quality and authenticity of these materials are central to the success of a lesson.

Planning becomes a central part of the teaching process. First, each competency must be identified. Each competency must be subdivided into the relevant skills. Tasks must be developed allowing students to learn and practice those skills. Teachers must determine exactly what and how well students must perform in order to master the competency. Specific rubrics

assessing each competency must be developed and made familiar to the students from the beginning of the lesson.

The role of the student must also change. Students will no longer be able to rely only on the teacher and the classroom to be the primary sources of information. Instead, students become apprentices. Their role will be to integrate, produce, and extend knowledge. Students take an active part in their own learning and work toward being autonomous learners. They learn to think critically and to adapt and transfer knowledge across a variety of settings. Successful classroom interaction depends on student participation. Students need to find ways to motivate themselves and find ways to apply information to their own lives and to integrate it into the classroom. Students must be willing to challenge, to question, and to initiate in the CBLT classroom.

Class materials must be oriented to doing rather than knowing. There should be few exercises that require students to fill in the blank, circle the right answer, or specifically test only grammar; thus each task should be developed around a real-world situation requiring the use of some or all of the components of the specified competency.

Conclusion. Competency-based education is more popular than ever. If it is to be successful, both students and teachers need to step out of their comfort zones and adopt new roles. In the short term, this unfamiliarity may create uncertainty and discomfort but as classes progress the benefits should become clear. If, however, students and teachers try to adopt a competency-based approach without making the necessary changes in their own behavior, the results are likely to be unsuccessful. On the other hand, if both embrace their new roles, they are likely to find learning becomes more effective and useful.

REFERENCES

1. Bowden, J. A. (2004). Competency-based learning. In S. Stein & S. Farmer(Eds.), Connotative Learning: The Trainer's Guide to Learning Theories and Their Practical Application to Training Design (pp. 91-100). Dubuque, IA: Kendall Hunt Publishing.

2. Guskey, T. (2005). Mapping the road to proficiency. Educational Leadership, 63(3), 32-38.

3. Richards, J., & Rodgers, T. (2001). Approaches and Methods in Language Teaching. New York, NY: Cambridge University Press.

4. Sturgis, C., & Patrick, S. (2010). When Success is the only Option: Designing Competency-Based Pathways for Next Generation Learning. International Association for K-12 Online Learning. Retrieved 19 August 2014 from http://www.inacol.org/cms/wp-content/uploads/2012/09/iNACOL_SuccessOnlyOptn.pdf

THE PECULIARITIES OF TEACHING CADETS WITH LOW LANGUAGE PROFICIENCY

Olena Savchenko
Kherson State Maritime Academy (Ukraine)

In the past, second language instruction focused on teacher-centered rather than learner-centered instruction . During the 1970s English language teaching became more focused on the learner's role in the classroom. This lead to several researchers examining "good language learners" in the hopes of finding fundamental traits or practices that could be taught to students of lower language proficiency.

The objective is to find the strategies that would be efficient when teaching cadets with low language proficiency.

Cadets with low language proficiency pose unique educational challenges to mainstream classroom teachers. It is worthwhile to be aware of several specific difficulties that second language learners face. Learning a new language throws a person into an environment that is full of uncertainties, especially for low-proficiency learners, and for cadets who are naturally less tolerant of ambiguity, it can be overwhelming. A person's tolerance of ambiguity, and therefore willingness to take risks, has a serious effect on their ability to learn a new language. Teachers need to help their students realize their own difficulties in dealing with uncertainty, and help them view uncertainty more positively. Hopefully, students who struggle with uncertainty by feeling embarrassed or frustrated can begin to see uncertainty as an interesting opportunity to solve a puzzle. It is important to understand that learners come with an enormous variety of factors that influence their use of learning strategies, including their learning styles, cultures, educational backgrounds, beliefs, motivations, ages, and genders. Being aware of the individual mix of characteristics that comes with each learner provides essential groundwork for effective strategy instruction.

Teaching Strategies That Work

1. Use visual aids often.

Visual aids give cadets with low language proficiency visual cues that may help clarify meaning and solidify learning. Visual aids should be clear and reproduced for cadets with low language proficiency, when possible.

2. Incorporate hands-on activities to demonstrate concepts.

Where appropriate, hands-on activities help cadets with low language proficiency connect with classroom content. Processes that can be experienced or observed make learning more concrete.

3. Allow sufficient wait time.

Cadets with low language proficiency need additional time to formulate their answers in English. Some may still be translating their first language into English, others may need time to find the appropriate words. By pausing after a question is asked, everyone has time to think about the question before they respond.

4. Model spoken language.

Refrain from correcting your cadets spoken language. Instead, model the proper usage in a restatement. For example, if a cadet says "No understand." You might reply, "You don't understand? Okay." Cadets may occasionally ask to be corrected, but as a rule, it is best to leave corrections to the written word. In this case, be sure to balance positive feedback with corrections.

5. Prepare outlines for lectures.

Teacher-prepared outlines or notes can help cadets with low language proficiency follow along in class. Alternately, you may ask another cadet to share his notes with the cadet with low language proficiency. You may also choose to give the cadet information regarding the teaching plan and objectives so that they may have an easier time following along.

6. Encourage skim and scan reading strategies for textbook assignments.

Directly teach cadets with low language proficiency reading strategies that will enhance their reading skills. Skimming, scanning and even outlining chapters in the textbook are excellent pre-reading strategies that can help students preview material prior to reading. They can also engage in other strategies such as predicting chapter content from headings, creating vocabulary lists, writing responses, and summarizing.

7. Avoid forcing cadets with low language proficiency to speak.

Most learners with low language proficiency go through a silent phase. Forcing a cadet to speak may make them embarrassed and overly self-conscious. While your intention may be to give them practice, this technique very well may backfire.

Conclusion

The mantra for creating effective instruction is know your audience, that is, know your cadets. For teachers to devise effective instruction, they must first understand whom they are teaching. Teachers need to have a rudimentary knowledge of the characteristics of each cadet. It takes a small adjustment in how teachers view their limited English proficient cadets. Rather than seeing them as blank slates with no or very little knowledge to help them through studies, teachers could view them as contributors of knowledge not usually part of the curriculum. Rather than seeing their lack of proficiency in English as a deficit, see them as people who have to challenge themselves.

REFERENCES

1. Kimberly J.E. Iverson (2005) The instruction of language learning strategies for low-proficiency learners. Hamline University Saint Paul, Minnesota

2. Teaching Limited English Proficiency Students Published by Glencoe/McGraw-Hill, a division of the Educational and Professional Publishing Group of The McGraw-Hill Companies, Inc. Teaching Today, March 2005

3. Susan Burns, Peg Griffin, and Catherine Snow (1999) Preventing Difficulties for Low English Proficiency Children

4. Catharine F. de Wet (2005) The Challenge of Bilingual and Limited English Proficient Students University of Connecticut Storrs, CT

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЯЖКОСТІ ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНИХ ПРИГОД НА ОСНОВІ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАНСПОРТНИХ ТА ПІШОХІДНИХ ПОТОКІВ НА НЕРЕГУЛЬОВАНИХ ПЕРЕХРЕСТЯХ

Соколова Н.О.
Автомобільно-дорожній інститут Державного вищого навчального закладу «Донецький національний технічний університет» (Україна)

Вступ. Актуальність досліджень. Однією з актуальних проблем у більшості країнах світу є забезпечення безпеки дорожнього руху. Недостатнє управління в галузі організації та регулюванні дорожнім рухом призводить до збільшення аварійності та як наслідок до зростання кількості загиблих та травмованих осіб [1]. В Україні на міських дорогах та вулицях було скоєно більше половини з усіх дорожньо-транспортних пригод, основна частина з них – на міських перехрестях вулиць в одному рівні. Це підкреслює необхідність розроблення ефективних заходів забезпечення безпеки руху саме на перехрестях. За показниками тяжкості дорожньо-транспортних пригод нерегульовані перехрестя є найбільш небезпечними, тому необхідно приділяти особливої уваги саме цим ділянкам вулично-дорожньої мережі міст.

Існує ряд методів, що характеризують безпеку руху на вказаних перехрестях і які широко застосовуються на практиці [1…3]. Однак статистика дорожньо-транспортних пригод, що наявна сьогодні, показує суттєву недосконаліть відповідних методів та методик їх впровадження. При аналізі цих методів було виявлено суттєвий недолік у їх теоретичних положеннях: методи спираються лише на показник небезпеки перехрестя та його кількісну оцінку без урахування якісних показників аварійності, які характеризують тяжкість дорожньо-транспортних пригод.

Постановка задачі. Таким чином, постає наукова задача вдосконалення методів оцінки небезпеки міських нерегульованих перехресть з урахуванням якісних показників аварійності, що характеризують тяжкість дорожньо-транспортних пригод. Тому подальші дослідження спрямовані на розробку методу та відповідної методики оцінки та зменшення тяжкості дорожньо-транспортних пригод на міських нерегульованих перехрестях, де в якості характеристики тяжкості наслідків дорожньо-транспортних пригод пропонується застосовувати енергетичні характеристики транспортних і пішохідних потоків.

В якості об’єкта дослідження в роботі розглядався рух транспортних та пішохідних потоків на міських нерегульованих перехрестях на одному рівні, предметом дослідження - зниження тяжкості ДТП на основі енергетичних характеристики транспортних та пішохідних потоків на міських нерегульованих перехрестях на одному рівні.

Результати досліджень. Проведені автором дослідження за вказаною науковою задачею дозволили отримати наступні результати. Введені поняття візуальної та безпосередньої взаємодій учасників дорожнього руху у відповідних транспортних та пішохідних потоках. Безпосередня взаємодія передбачає виникнення безпосереднього механічного контакту між учасниками дорожнього руху у відповідних транспортних та пішохідних потоках.

Проведено аналіз типових випадків взаємодій учасників дорожнього руху у відповідних транспортних та пішохідних потоках на нерегульованих перехрестях доріг на одному рівні, який дозволив синтезувати наступні п’ять узагальнених видів безпосередніх взаємодій:

- „Водій головного напрямку ↔ Водій другорядного напрямку”;
- „Водій головного напрямку ↔ Водій головного напрямку”;
- „Водій другорядного напрямку ↔ Водій другорядного напрямку”;
- „Водій головного напрямку ↔ пішохід”;
- „Водій другорядного напрямку ↔ пішохід”.

З’ясовано, що зі збільшенням смуг руху по кожному напрямку типових схем нерегульованих перехресть на одному рівні, кількість взаємодій нелінійно збільшується, темп зростання є меншим від кількості смуг руху, тобто зі збільшенням кількості смуг руху концентрація взаємодій на площі перехрестя зменшується, тому необхідно максимально приділити увагу перехрестям доріг з двома смугами руху.

З’ясовано, що кінетична енергія, яку має транспортний засіб та пішохід, згідно закону збереження енергії, не зникає, а перетворюється у матеріальні витрати, тілесні ушкодження водіїв або пішоходів різної тяжкості до смертельних наслідків, у психологічні травми. Масштаби вказаних негативних явищ мають пряму пропорційність початковій кінетичній енергії при виникненні безпосередньої взаємодії учасників дорожнього руху. З урахуванням отриманих результатів аналізу з’явилась можливість обґрунтовано прийняти у якості характеристики тяжкості наслідків дорожньо-транспортної пригоди початкову кінетичну енергію учасників дорожнього руху на момент виникнення безпосередньої їхньої взаємодії.

Проведено формалізацію характеристик взаємодії транспортних та пішохідних потоків у відповідних конфліктних областях на площі перехрестя. Введено поняття конфліктної області взаємодії транспортних та пішохідних потоків. Синтезовані енергетичні характеристики взаємодії у відповідних конфліктних областях за запропонованими п’ятьма видами взаємодії транспортних та пішохідних потоків.

Синтезовано критерій оцінки безпеки руху на перехрестях доріг на одному рівні за тяжкістю дорожньо-транспортних пригод на основі енергетичних характеристик транспортних та пішохідних потоків.

Висновки. Відповідно до отриманих у роботі теоретичних та практичних результатів у вигляді оціночного критерію безпеки руху на нерегульованих перехрестях доріг на одному рівні за тяжкістю дорожньо-транспортних пригод на основі енергетичних характеристик транспортних та пішохідних потоків та відповідної шкали для нього у підрозділі були запропоновані уточнення для оціночної шкали та розроблений спосіб з варіантом загальної схеми організації системи зменшення тяжкості дорожньо-транспортних пригод на міських нерегульованих перехрестях.

Застосування в подальшому результатів дослідження дозволить зменшувати кількість та наслідки дорожньо-транспортних пригод, що трапляються на нерегульованих перехрестях вулиць в одному рівні.

ЛІТЕРАТУРА

1. Дмитриченко М.Ф. Системологія на транспорті Кн. IV: Організація дорожнього руху / Е.В. Гаврилов, М.Ф. Дмитриченко, В.К. Доля та ін. – К.: Знання України, 2005. – 452 с.

2. Волошин Г.Я. Анализ дорожно-транспортных происшествий / Г.Я. Волошин, В.П. Мартынов, А.Г. Романов. – М.: Транспорт, 1987. – 240 с.

3. Лобанов Е.М. Транспортная планировка городов: Учебник для студентов вузов. – М.: Транспорт, 1990. – 240 с.

ПРИНЦИПИ ФОРМУВАННЯ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ ПЕРСОНАЛУ ПРИ УПРАВЛІННІ ІННОВАЦІЙНОЮ ДІЯЛЬНІСТЮ

Шарко М.В.
Херсонський національний технічний університет (Україна)

Сьогодні світова економічна система активно формує нову парадигму економічного розвитку, в якій істотно зменшується роль матеріально-ресурсних компонентів і підвищуються роль компетентностей персоналу і інтелектуальної складовою ресурсів.

Аналіз публікацій з позначеної проблеми виявляє постійний інтерес до інтелектуалізації економіки, трансформації цілей в системі економіки знань, еволюції теорій економічного зростання, проте тематиці формування середовища, сприятливого до розвитку інтелектуальної діяльності і вивченню динаміки його змін при формуванні принципів компетентностей персоналу при управлінні інноваційної діяльністю, нажаль, приділено мало уваги [1, 2].

Основними факторами, що стимулюють впровадження інновацій на підприємствах промисловості є недостатній рівень технологічного забезпечення розвитку виробництва, брак висококваліфікаційних фахівців, обмеженість джерел фінансування, недосконаліть систем оцінки якості та сертифікацій продукції, відсутність належних компетентностей персоналу.

Також необхідно звернути увагу на те, що визначальними умовами для розвитку як інноваційної діяльності, так і науково-технічної сфери в цілому, є освоєння і підготовка висококваліфікованих кадрів. Відсутність сучасної науково-дослідної бази, професійних кадрів та інших ресурсів не дозволяє ефективно реалізувати інноваційні розробки.

Оцінка інтелектуальних здібностей персоналу підприємств, забезпечення можливостей його постійного навчання з метою підвищення компетентності створюють умови для творчого розвитку особистості. Це є одним із напрямів підвищення конкурентоздатності підприємств.

Принципи формування компетентностей персоналу при управлінні інноваційним розвитком можна сформувати як систему організаційних дій у вигляді структурованої сукупності важелів і стимулів, які забезпечують мобілізацію розподілу й контроль за раціональним використанням ресурсів, притягнутих до господарського обороту.

Більш складні задачі прийняття рішень з інноваційного розвитку виробництва вимагають аналізу послідовності рішень і станів зовнішнього середовища, коли одна сукупність стратегій розвитку підприємства і станів зовнішнього середовища породжують інший стан підприємства подібного типу. При цьому подальші рішення з інноваційного розвитку підприємств приймаються на основі аналізу попередніх, тобто з'являється цілий ланцюг управлінських рішень, що випливають одне з іншого. В цих умовах роль компетенцій персоналу є важливою.

Реалізація інноваційної діяльності підприємств і, в кінцевому рахунку, підвищення конкурентоздатності продукції, що випускається, можливо лише при використанні первинних розробок економіки знань та реалізації творчого потенціалу співробітників. У цих умовах інтелектуальне співробітництво спеціалістів різних видів наукових досліджень економіки, математичного моделювання, теорії прийняття рішень, кластерного аналізу дозволить розробити нові методи управління і виключити суб'єктивізм керівників в прийнятті важливих стратегічних рішень.

Велике значення для підвищення конкурентоспроможності вітчизняних підприємств промисловості на конкурентному ринку має забезпечення освітнього рівня компетенції, мотивації і креативності співробітників, тобто особистих високоякісних характеристик персоналу. Сутність інвестицій у навчанні персоналу на підприємстві важко переоцінити. Значення інвестицій у компетентісному навчанні персоналу має свій

соціальний ефект, який виявляється у закріпленні на робочих місцях, мотиваційних факторах, креативних і творчих здібностях персоналу (рис. 1).

Рисунок 1. Принципи формування компетентностей персоналу при управлінні інноваційною діяльністю

Якщо інноваційний проект є чутливим до зміни обсягів виробництва, необхідно звернути увагу на вдосконалення внутрішнього менеджменту підприємства та ввести соціальні заходи до підвищення продуктивності. Якщо критичним стане фактор матеріальних витрат, доцільно поліпшити відносини з постачальниками, що спричинить зниження цін на сировину. Якщо ціна продукту стала критичним фактором, то у процесі реалізації інноваційного проекту слід покращити програму маркетингу та підвищити якість продукції.

Ключові пріоритети повинні відповідати мотивації творчої, продуктивної і ініціативної діяльності робітників. Тільки тоді збережеться єдність принців формування компетентностей персоналу при управлінні інноваційною діяльністю.

ЛІТЕРАТУРА

1. Савіна Г.Г. Математичне обґрунтування оптимального періоду впровадження технологічних інновацій / Г.Г.Савіна, О.В.Коровіна // Інновації: практика і досвід. – 2012. – №9 – С. 24-27.

2. Шарко М.В. Коммерциализация интеллектуальной собственности при трансфере технологий в реальный сектор экономики / М.В. Шарко // Проблеми економіки. – 2015. - №1. – С. 168-173.

ПАМ'ЯТІ ОЛЕКСАНДРА МАКСИМОВИЧА ОВЧАРУКА

28 квітня 2015 року на 85-му році життя відійшла у вічність чудова людина, знаний науковець та викладач, кандидат технічних наук, доцент кафедри експлуатації суднових енергетичних установок та загальноінженерної підготовки Херсонської державної морської академії Олександр Максимович Овчарук. Масштаб особистості цієї людини, яка була окрасою колективу та патріархом кафедри, вимагає розповісти про неї докладніше.

Олександр Максимович народився 14 квітня 1931 року в селищі Ортель Крулевський повіту Бяла Подляска Люблінського воєводства у Польщі. Один із вересневих ранків 1939 року для Олександра почався з вигуків сусідки «пані Овча́рук, во́йна, во́йна!», тому з початком цих страшних подій сім'ї Овчаруків довелося переїхати до Радянського Союзу, в Україну. Батько Олександра, Максим Максимович, загинув в 1944 році під час звільнення міста Брест, за 18 кілометрів від рідної домівки в Польші. Молодший брат батька, дядько Олександра, залишився в Польші з матір'ю Каторжиною Василевською, сліди їх після війни загубилися. Сусіди сказали, що вони були вислані у 1946 – 1949 рр. на північ Польші під час операції «Вісла» з депортації українців.

З 13 років Олександр кожного літа працював в радгоспі Бериславський у селі Новорайск Бериславського району Херсонської області на різних сільгоспроботах та помічником комбайнера. Після закінчення навчання в школі Олександр вирішує вступати до інституту та прямує з цією метою до міста Одеси. Вступати планував спочатку до інституту інженерів морського флоту (водний інститут). В той час відбір школярів для вступу в інститути проводила комісія за конкурсом атестатів. Проглянувши атестат Олександра, один із членів комісії сказав, що його бали надто великі щоб витрачати їх на вступ до водного інституту, тоді Олександр вирішив вступити до інженерно-будівельного інституту, а потім перевівся до Одеського політехнічного інституту і в 1949 році став студентом спеціальності «машини і технології ливарного виробництва». Він з великим теплом розповідав про роки свого перебування в Одесі в ці важкі та голодні післявоєнні роки, про доброту та чуйність одеситів, чию допомогу він тоді відчував. Можливо ця доброта і чуйність саме тоді запали в його серце і він проніс ці чесноти через усе життя, щедро даруючи їх оточуючим. У серпні 1954 року, після закінчення інституту, Олександр Максимович став конструктором, а згодом старшим конструктором заводу пресів у місті Дніпропетровську. Тут у 1958 році у Олександра Максимовича та його дружини Олександри Іванівни народилась перша дочка Тетяна. З 1960 по 1969 роки Олександр Максимович працював конструктором, керівником конструкторської групи, а згодом старшим науковим співробітником відділу швидкопротікаючих процесів Інституту гідродинаміки Сибірського відділення академії наук СРСР (м. Новосибірськ), яким тоді керував академік академії наук УРСР та СРСР Михайло Олексійович Лаврентьєв. З

Новосибірськом були повязані ще дві важливі події у житті Олександра Максимовича – у 1964 році народилась друга дочка Оксана, а 1967 року в інституті гідродинаміки ним була захищена кандидатська дисертація «Зняття внутрішнього грату в електрозварних трубах». За розробку установки зняття внутрішнього грату Олександр Максимович був нагороджений дипломом науково-технічного товариства чорної металургії, а результати дисертації стали основою опублікованої монографії. Того ж 1967 року за участі Олександра Максимовича в інституті гідродинаміки була розроблена гідравлічна установка (гідропушка) для буріння в умовах вічної мерзлоти, за що він отримав високу нагороду – орден «Знак пошани». У 1969 році Олександр Максимович із сімєю переїзжає до міста Кременчука, де працює до 1974 року на загальнотехнічному факультеті Кременчуцького філіалу Полтавського інженерно-будівельного інституту, а згодом - Харківського автодорожнього інституту викладачем, доцентом та першим завідувачем (1972-1974) кафедри вищої математики. З 1974 по 1982 рік – робота на кафедрі технічної механіки загальнотехнічного факультету Кременчуцького філіалу Харківського політехнічного інституту (ЗТФ КФ ХПІ). У 1982 році Олександр Максимович був обраний за конкурсом доцентом кафедри теорії механізмів і машин Херсонського індустріального інституту, де пропрацював до 1994 року, а згодом, до 2006 року, працював на кафедрі фізики цього ж навчального закладу. З 2006 по 2015 рік Олександр Максимович працював доцентом кафедри експлуатації суднових енергетичних установок та загальноінженерної підготовки Херсонської державної морської академії, де викладав для студентів-судномеханіків гідромеханіку та гідропривід, підйомно-транспортні механізми та рульові машини. Ним було розроблено конструкції оригінальних лабораторних установок для виконання студентами лабораторних робіт із гідромеханіки, оформлено технічну документацію на ці установки.

Олександр Максимович проводить заняття
(кафедра технічної механіки ЗТФ КФ ХПІ)

Кожного разу, входячи в аудиторію, Олександр Максимович відчував свою відповідальність перед молодим поколінням інженерів, тому всі його лекції відрізнялись чіткістю та зрозумілістю, строгістю постановки та вирішення задач, доступністю та логічністю, супроводжувались багатьма прикладами з практики, за що студенти його поважали та цінували його роботу.

Олександр Максимович зарекомендував себе як один із найкращих винахідників кафедри, всього ним було отримано близько 40 авторських свідоцтв СРСР та патентів України. Останній патент «Гідравлічна рульова машина» було отримано ним буквально в останні дні життя. Будучи кваліфікованим методистом, патріотом викладацької справи, значну увагу він приділяв підготовці навчальних матеріалів, під його авторством вийшло загалом близько 140 методичних вказівок та посібників, які з успіхом використовуються в навчальному процесі, є популярними навіть у випускників, що готують дипломні проекти. Останні наукові роботи Олександра Максимовича були присвячені обгрунтуванню параметрів оригінальних конструкцій рульових машин, які були захищені патентами України та описані у наукових статтях.

Олександр Максимович постійно брав участь у міжнародній конференції «Сучасні енергетичні установки на транспорті і технології та обладнання для їх обслуговування», що її з 2009 року проводить кафедра експлуатації суднових енергетичних установок та загальноінженерної підготовки, як знаний методист та патріот викладацької справи був запрошений керівником секції «Проблеми підготовки спеціалістів для транспортної галузі» цієї конференції, та публікував у її матеріалах результати своїх досліджень в галузі процесу підготовки майбутніх інженерів-механіків і його якості.

Рівень різносторонньості розвитку та широти інтересів цієї масштабної особистості підтверджується кількома цікавими фактами. Олександром Максимовичем було запропоновано гіпотезу виникнення землетрусу у вірменському місті Спітак 7 грудня 1988 року, згідно з якою землетрус спричинили вибухи, що в той же час відбувалися на Новій Землі під час атомних випробувань. Олександром Максимовичем було зроблено припущення, що енергія коливань від цих вибухів передалася через Уральський хребет до Кавказького хребта, що і стало причиною землетрусу у Вірменії. Ця гіпотеза стала основою статті, текст якої був розісланий у провідні наукові видання та установи СРСР. В Радянському Союзі зі зрозумілих причин такий матеріал не опублікували, але за свідченнями радіослухачів, згодом західні радіостанції поширювали інформацію про цю роботу, що була опублікована в США, де наукова спільнота, вочевидь, оцінила реальність зроблених Олександром Максимовичем припущень. Однією з останніх робіт Олександра Максимовича стала також наукова стаття присвячена оцінці параметрів магнітного поля в широкому міжполюсному проміжку, яка відрізнялась глибиною проробки матеріалу та яскравим практичним спрямуванням, бо за результататми цієї роботи Олександр Максимович планував побудувати діючу установку для лікування людей.

Енергійний стиль роботи Олександра Максимовича пояснює велику кількість премій, якими він був нагороджений за свою результативну інженерну діяльність, подяк і грамот, якими відзначена його відданість справі підготовки молодих інженерів. При звертанні до нього з будь-яким проханням про допомогу у вирішення будь-якої задачі, він ніколи не квапився з відповіддю і не відмахувався від неї, а завжди грунтовно міркував над поставленою задачею, та давав відповідь, яку супроводжував доказами та обгрунтуванням у вигляді розрахункових формул та відповідного графічного матеріалу.

Спілкування з Олександром Максимовичем приносило задоволення практично всім, оскільки він, будучи кавалером ордена (!), відрізнявся дивовижною, скромністю, вимогливістю до себе, щирістю, оптимізмом та позитивним настроєм. Він з повагою і чуйністю відносився до кожного члена кафедри і допомагав нам у роботі слушними порадами. У нього можна було проконсультуватися з широкого кола питань різних галузей науки і техніки. Не зважаючи на поважний вік він не втрачав інтересу до життя, цікавився новинками, зокрема, будучи любителем кави, в один із останніх днів, прийшовши на кафедру, із захопленням розповідав про свій досвід користування кавовим автоматом. Ця достойна людина, що вирізнялась винятковою порядністю служила для багатьох із нас зразком. Олександр Максимович прожив достойне життя, але нажаль такі сонячні люди зараз трапляються все рідше.

Нажаль смерть раптово забрала нашого друга, який навіть останні години свого життя присвятив студентам, яким безкорисливо віддавав свій хист та знання загалом близько півстоліття. 28 квітня 2015 року Олександр Максимович прочитавши лекцію з гідромеханіки студентам другого курсу, повернувся додому, а за дві години його не стало.

Олександр Максимович був великим патріотом України, переживав за її сьогодення та майбутнє, міркував над можливими стратегіями її захисту від Російської навали, а також мав ще один рідкий талант - писав вірші, один із яких поміщено наприкінці нашої розповіді про цю світлу людину.

ПРИЙШОВ ЧАС

Ти бачиш, як сонечко сяє
Полями течуть ручаї…
І хвиля Дніпровська вмиває
Оголені ноги твої.

Наш ворог те хоче забрати
І море забрати,…як Крим
І Київ забрати, й Карпати
Спалити назавжди наш дім.

Ми підем на битву рішучу
Бо інший закритий вже шлях
Щоб банду розвіять смердючу
Та мир відновити в серцях.

Й загояться рани у крові
І шрами від бит на чолі
І виростуть квіти любові
На вмитій сльозами землі.

Колектив кафедри експлуатації суднових енергетичних установок та загальноінженерної підготовки Херсонської державної морської академії глибоко сумує з приводу передчасної смерті Олександра Максимовича Овчарука, кожного дня відчуваючи цю важку втрату. Світла йому пам'ять!

Використані матеріали О.І. Овчарук

Наукове видання

МАТЕРІАЛИ

6-тої Міжнародної науково-практичної конференції

СУЧАСНІ ЕНЕРГЕТИЧНІ УСТАНОВКИ НА ТРАНСПОРТІ І ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЇХ ОБСЛУГОВУВАННЯ

Відповідальний за випуск *Р.Є. Врублевський, А.В. Букетов*
Технічний редактор *М.В. Браїло*
Друк, фальцювально-палітурні роботи *В.Г. Удов*

Формат 60х84/16. Папір офсетний.
Ум. друк. арк 18,8
Підписано до друку 10.09.15 р.
Тираж 120 прим.

Видавництво
Херсонська державна морська академія,
Просп. Ушакова, 20, м. Херсон, 73000
Тел. 091-32-65-473

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої
справи до Державного реєстру
ДК №4319 від 10.05.2012