

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»
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
Office de la Formation Professionnelle et de la Promotion du Travail (Morocco)
Jiangsu University of Science and Technology (China)
Карагандинський державний університет (Казахстан)
Петербурзький державний університет шляхів сполучення (Росія)
Московський державний технічний університет імені М.Е. Баумана (Росія)
Крюїнгова компанія «Marlow Navigation» (Кіпр)

МАТЕРІАЛИ

7-мої Міжнародної науково-практичної конференції

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



Херсон – 2016

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»
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
Office de la Formation Professionnelle et de la Promotion du Travail (Morocco)
Jiangsu University of Science and Technology (China)
Карагандинський державний університет (Казахстан)
Петербурзький державний університет шляхів сполучення (Росія)
Московський державний технічний університет імені М.Е. Баумана (Росія)
Крюїнгова компанія «Marlow Navigation» (Кіпр)

Програмний комітет:

Білоусов Є.В., к.т.н., доц. ХДМА	Михайлик В.Д., д.т.н., проф. ХДМА
Букетов А.В., д.т.н., проф. ХДМА	Настасенко В.О., к.т.н., проф. ХДМА
Варбанець Р.А., д.т.н., проф. ОНМУ	Рева О.М., д.т.н., проф. НАУ
Горбов В.М., к.т.н., проф. НУК	Рудакова Г.В., д.т.н., проф. ХНТУ
Ісаєв Є.О., д.т.н., проф. ХДМА	Селіванов С.Є., д.т.н., проф. ХДМА
Іщенко І.М., к.т.н., проф. ХДМА	Соколова Н.А., д.т.н., проф. ХДМА
Колегаєв М.О., к.т.н., проф. НУ ОМА	Стухляк П.Д., д.т.н., проф. ТНТУ
Леонов В.Є., д.т.н., проф. ХДМА	Тимошевський Б.Г., д.т.н., проф. НУК
Малахов О.В., к.т.н., проф. НУ ОМА	Федоров В.В., д.т.н., проф. ФМІ НАНУ
Малигін Б.В., д.т.н., проф. ХДМА	Шарко О.В., д.т.н., проф. ХДМА
Рожков С.О., д.т.н., проф. ХДМА	Шостак В.П., к.т.н., проф. НУК
Луців І.В., д.т.н., проф. ТНТУ	Щедролосєв О.В., д.т.н., проф. НУК

Організаційний комітет:

Голова – Ходаковський Володимир Федорович, професор, ректор ХДМА
Заступники голови – Бень Андрій Павлович, к.т.н., доц., проректор з НІР ХДМА
Букетов Андрій Вікторович, д.т.н., проф., зав. каф. ЕСЕУ та ЗП ХДМА
Вчений секретар конференції – Акімов О.В., к.т.н., доц. каф. ЕСЕУ та ЗП ХДМА
Заст. вченого секретаря конференції – Настасенко Валентин Олексійович, к.т.н., проф. каф. ЕСЕУ та ЗП ХДМА; 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

Сучасні енергетичні установки на транспорті і технології та обладнання для їх обслуговування. 7-ма Міжнародна науково-практична конференція, 22-23 вересня 2016 р. – Херсон: Херсонська державна морська академія.

У програмі 7-мої Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні енергетичні установки на транспорті і технології та обладнання для їх обслуговування» наведені доповіді, які присвячені проблемам експлуатації, виробництва та проектування енергетичних установок та устаткування на транспорті, використанню нових матеріалів, 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.

ЗМІСТ

ВСТУП	11
-------------	----

ПРОБЛЕМИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК І ДОПОМІЖНОГО ОБЛАДНАННЯ НА ТРАНСПОРТІ

Акимов А.А. Modeling heat and mass transfer in a seawater scrubber for marine application	13
Белоусов Е.В., Савчук В.П., Белоусова Т.П. Конвертация судовых малооборотных двигателей для работы на газовых топливах.....	16
Варбанец Р.А., Кучеренко Ю.Н., Кырнац В.И., Жолтиков Е.И. Технологические карты научных исследований в задачах мониторинга и параметрической диагностики судовых дизелей.....	19
Вассерман А.А., Слынько А.Г. Об использовании энергии отработавших газов ДВС с газотурбинным наддувом	20
Гаєва Л.І., Дикун Т.В. Вплив випаровуваності бензинів на техніко-експлуатаційні показники роботи двигуна внутрішнього згоряння.....	21
Доценко Г.Г., Наговський Д.А. Системи керування судовими технічними засобами ..	22
Егоров О.И., Ванжа А.Г. Усовершенствование процедуры идентификации поездов	25
Кривий П.Д., Тимошенко Н.М., Бутрин О.П., Грушицький О.Я. Несуча здатність шарнірів паралельно-рядних ланцюгових передач нафтогазовидобувного обладнання і транспортних засобів у імовірнісному аспекті	26
Малахов А.В., Палагин А.Н. Система стабилизации судов типа HEAVY-LIFT	29
Матвеев В.В. Система рециркуляции уходящих газов для обеспечения требований ИМО по выбросам NOx.....	31
Наговський Д.А., Доценко Г.Г. Керування вантажними операціями LNG судна.....	32
Проценко В.О. Структурна досконалість відцентрових фрикційних муфт сепараторів WESTFALIA	34
Стрелковская Л.А. Использование метода экспертных оценок при создании экспертной системы	36
Тимофеев К.В., Сидорук М.В. Автоматизация системы охлаждения частотных перетворювачів електрорушійної установки судна.....	37
Ткач М.Р., Тимошевський Б.Г., Познанський А.С., Митрофанов О.С., Проскурін А.Ю. Вплив добавок синтез-газу до бензину на процес згоряння ДВЗ 2Ч 7,2/6.....	39
Ткач М.Р., Тимошевський Б.Г., Доценко С.М., Галинкін Ю.М. Масагабаритні показників металогібридної установки безперервної дії, утилізуючої тепло малооборотних двигунів	42
Худяков И.В., Амелин М.Ю., Рудакова А.В. Повышение эффективности эксплуатации судовых дизельных энергетических установок	45

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

Баганов Є.О., Дон Н.Л. Оптимізація гібридних вітро-сонячних енергетичних систем на основі табличного процесора MS Excel	48
Берестовой И.О. Оценка термодинамических параметров дизеля при постоянном максимальном давлении цикла.....	50
Богатчук І.М., Прунько І.Б., Богатчук М.І. До питання обліку витрат палива мобільними парогенераторними установками нафтогазового технологічного транспорту на не стандартних режимах роботи	52
Волков Ю.В., Ивченко Т.И., Лопата Л.А., Калиниченко В.И. Повышение эксплуатационных параметров судовых машин и механизмов покрытиями дискретной структуры	54
Гнатюк А.В., Аргун Щ.В. Малопотужна система енергозбереження та генерації електричної енергії для транспортних засобів.....	56
Горбов В.М., Митенкова В.С. Новые требования к оценке эмиссии парниковых газов со стороны морского транспорта.....	58
Горобец В.Г., Богдан Ю.А., Троханяк В.И., Антипов Е.А. Результаты численного моделирования и экспериментального исследования процессов гидродинамики и теплообмена в теплообменных аппаратах новой конструкции.....	60
Горобец В.Г., Антипов Е.А., Богдан Ю.А., Троханяк В.И. Утилизационный контур с аккумуляторами теплоты фазового перехода для когенерационных установок судов торгового флота.....	62
Даньк В.В., Ищенко И.М. Анализ характеристик асинхронных двигателей судового электропривода при несинусоидальном напряжении питания.....	64
Карманов В.В., Овдей В.Н. Технологическое оборудование для получения топлива из отходов растительного сырья.....	66
Карманов В.В., Овдей В.Н. Характеристика отходов растительного сырья для получения экологического топлива	68
Козьминых Н.А., Василец Д.И. Использование холодильных компрессоров с приводом через магнитную муфту	70
Коробко В.В. Визначення доцільних напрямів досліджень для вдосконалення термоакустичних теплових машин.....	72
Литвиненко В.П. Неравновесность в комбинированном цикле ДВС.....	74
Настасенко В.А. Технично-економічне порівняння основних видів судової альтернативної енергетики	76
Пелевін Л.Є., Горбатюк Є.В. Математична модель двигуна як об'єкта регулювання при статичному розпушуванні ґрунту	79
Redchyt D.O. Computational fluid dynamics: supercomputers, program tools, young scientists.....	81
Селіверстова С.Р., Фролов О.М. Система керування 4-фазним безконтактним двигуном постійного струму	83
Ткач М.Р., Тимошевський Б.Г., Доценко С.М., Галинкін Ю.М. Особливості розрахунку водневих розширювальних машин.....	85
Чередниченко А.К. Математическое моделирование процессов в судовых энергетических установках с термохимической регенерацией тепла	87

РОБОЧІ ПРОЦЕСИ, ДИНАМІКА ТА МІЦНІСТЬ ТРАНСПОРТНОГО І ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Авраменко Н.Н., Растегина Г.И., Иванов А.А. Исследование динамических режимов работы судовой электростанции.....	89
Дзюра В.О. Імовірно-статистичний метод визначення впливу подачі і радіуса при вершині різця на шорсткість поверхні сформованої точінням.....	91
Dmytriev D.O., Rusanov S.A., Rachinskiy V.V. Functions extension and analyze of multi-axis hinge-rod manipulation systems	93
Костюк В.Є., Кирилаш О.І. Математична модель теплообміну корпусу конвертованого газотурбінного двигуна	96
Лабарткава А.В., Матвиенко М.В., Li Ruifeng, Qi Kai Экспериментальное исследование угловых деформаций при лазерной сварке тавровых соединений	98
Лещук Р.Я., Кобельник В.Р. Підвищення ефективності технологічного процесу виготовлення заготовок гвинтових спіралей.....	100
Ляшенко Б.А., Бычкова К.Н., Ивченко Т.И., Троцан Г.Н. Регулирование толщины и равномерности клеевой прослойки	102
Михайлишин Р.І., Савків В.Б., Проць Я.І. Методи планування траєкторій маніпуляторів.....	104
Орумбаева Н.Т., Шаймардан Р. Об одном методе нахождения приближенного решения краевой задачи для гиперболического уравнения второго порядка.....	106
Паламар М.І., Наконечний Ю.І., Ярема І.Т., Чайківський А.В., Апостол Ю.О. Розрахунок пружного мертвого ходу приводу давача кута переміщення по азимутальній осі супутникової антени	108
Поляков В.А., Хачапуридзе Н.М. Модель тяги магнитолевитирующего поезда	110
Проценко В.О., Настасенко В.О., Клементьева О.Ю. Особливості роботи затискних елементів канатних муфт	111
Проценко В.О., Клементьева О.Ю. Уточнення класифікації муфт з металевими пружними елементами.....	113
Савчук В.П., Білоусов Є.В., Самарін О.Є. Застосування гвинтів ТТУ для кріплення відповідальних з'єднань судових дизельних двигунів.....	115
Скалыга Н.Н., Рудинец Н.В., Бодак В.И., Остапчук Б.В., Грицук И.В., Вербовский В.С. Концепция улучшения экономических и экологических показателей дорожно-транспортных средств путем применения ведущих стоек.....	117
Шарко А.В., Погребняк И.Ф. Реализация методик и аппаратных средств акустической диагностики	120

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

Алексенко В.Л., Сметанкин С.А., Юренин К.Ю. Определение нагрузок на гидродинамический тормоз подводного якоремётного устройства.....	123
Бабій М.В., Настасенко В.О., Тулученко Г.Я. Силові параметри відрізного різця з бічною установкою багатогранної пластини	125

Вороненко С.В., Ищенко И.М. Мощности и энергетические коэффициенты полупроводниковых преобразователей	127
Герасименко П.В. Применение процедуры ортогонализации векторов при расчете роторов энергетических установок методом начальных параметров	130
Грехов Л.В., Денисов А.А., Старков Е.Е. Разработка инновационных конструкций топливopодающей аппаратуры для реализации малотоксичного рабочего процесса транспортных дизелей	131
Муль О.В., Дорошенко В.С. Моделювання оболонкових металоконструкцій	133
Погорлецкий Д.С., Россохатый В.О., Амелин М.Ю. Установка для исследования влияния импульсного магнитного поля на свойства углеводородного топлива	134
Рева О.М., Шульгін В.А., Борсук С.П. Формування інформаційного простору ознак системи «ПЛЛОТ (ЛЬОТНИЙ ЕКІПАЖ) – ПОВІТРЯНЕ СУДНО - СЕРЕДОВИЩЕ»	136
Самарін О.Є. Механізм газорозподілу з кульовим регулюванням	140
Самарін О.Є. Редукторний привід розподільного валу	142
Самарін О.Є. Поршень з телескопічним штоком	144
Самарін О.Є. Турбокомпресор з варіаторним регулюванням	146
Скосарь В.Ю., Ворошилов А.С., Бурылов С.В. Пассажирский электроход	148
Тkach V.A., Kashtalyan P.V., Rozhkov S.A. Efficiency improving methods for information displaying in optimization of decision-making process	150
Томашевський С.М., Роїк М.М. Дослідження стійкості інструменту в процесі обробки нежорстких гвинтових заготовок	152
Щедролосєв О.В., Узлов О.М., Кириченко К.В. Розробка нових конструктивно-технологічних схем для антикорозійного захисту баластних цистерн з використанням плавучих інгібіторів	153

НОВІ МАТЕРІАЛИ В СУДНОБУДУВАННІ І СУДНОРЕМОНТІ

Агєєв М.С. Підвищення експлуатаційної здатності пар тертя судових машин та механізмів за рахунок використання дискретних композиційних покриттів	156
Акимов А.В., Яцюк В.Н., Ярема И.Т. Моделирование конструкций из полимерных композиционных материалов	158
Акімов О.В. Теплостійкість зв'язувачів на основі епоксидних олігомерів та ароматичних амінів	160
Брайло М.В., Кобельник О.С., Якущенко С.В., Vencheikh L., Яцюк В.М. Дослідження ударної в'язкості епоксикомпозитних матеріалів	161
Букетов А.В., Сметанкін С.О., Нігалатій В.Д., Яцюк В.М., Ярема І.Т. Модифіковані полімерні композити для ремонту деталей СЕУ	163
Гарматюк Р.Т., Кальба Є.М., Пашинський Л.М., Чихіра І.В. Дослідження фізико-механічних властивостей електропровідних полімеркомпозитів	165
Дінжос Р.В., Фіалко Н.М., Лисенков Е.А., Махровський В.М. Особливості моделювання теплопровідності полімерних наноконструкційних матеріалів на основі поліметилметакрилату	166
Дзіняк Б.О., Субтельний Р.О., Оробчук О.М., Фуч У.В., Цяпа М.В. Двостадійний метод синтезу стиренових та циклопентадієнових (ко)олігомерів	168
Добротвор І.Г., Стухляк Д.П. Моделювання процесів поширення міжфазної	

взаємодії у композитах рівняннями в частинних похідних	170
Дубовий О.М., Макруха Т.О. Вплив комбінованого деформування на субструктуру та твердість заліза та вуглецевих сталей	172
Заичко К.В., Долгов Н.А., Смирнов И.В., Бесов А.В. Оптимизация плазменно-напыленных покрытий по критериям прочности	174
Замора Я.П. Дифузійні параметри водню у ніобії	175
Зінченко Д.О., Нігалатій В.Д., Яцюк В.М., Ярема І.Т. Особливості впливу карбонатів на теплофізичні властивості епоксидних композитів	177
Зінь Я.І., Білий Л.М. Композиція іонообмінних пігментів для протикорозійного захисту алюмінієвих сплавів	178
Исаев Е.А. Информационно-аналитическая модель управления окомкованием сыпучих материалов	180
Кашицький В.П., Малець В.М., Фурс Т.В. Вплив технологічних параметрів на адгезійну міцність захисних епоксикомпозитних покриттів	182
Кіндрачук М.В., Мнацаканов Р.Г., Гуменюк І.А. Кінетика руйнування композиційних покриттів пар тертя на основі енергетичної моделі	184
Кравцова Л.В., Богдан А.П. Результаты исследования разрушения образцов полимерных композитных материалов при воздействии повторно-переменных нагрузок	186
Кривий П.Д., Сеник А.А., Дзюра В.О., Кобельник В.Р. Дослідження макроеконометрії поперечних перерізів циліндричних поверхонь на прикладі шкворневих втулок	188
Kutsay O.M., Starik S.P., Gontar O.G., Tkach V.M., Sokolyuk D.V., Novikov M.V. From carbon to silicon carbon vapour condensates: structural and elemental analysis	190
Лебедь О.Н., Безбах О.М., Лебедь Н.И. Технологические методы определения вакансионного состава монокристаллов полупроводников	191
Липян Е.В., Сизоненко О.Н. Оптимизация режимов высоковольтной импульсной обработки порошков	193
Луців І.В., Стахурський О.О. Вплив взаємопов'язаних коливань різальних елементів на стружкодроблення при багатозалізовому точінні	194
Наговська І.В., Федоров В.В., Прокоп'юк В.А., Бачинський Ю.Г. Вплив водню і азоту на температуру точки Кюрі та константу магнітострикції функціональних магнітних матеріалів на основі РЗМ	196
Присташ Н.С., Зайченко А.Д., Коваленко А.А. Влияние скорости нагрева в процессе искро-плазменного спекания на твердость и износостойкость борсодержащих карбидосталей	198
Редько О.І., Редько Р.Г. Вплив природи двокомпонентного полідисперсного наповнювача і температури на питомий електроопір композитів на основі пластифікованої епоксидної матриці	199
Садова О.Л., Кашицький В.П. Дослідження термічної стійкості полінаповненого епоксикомпозитного матеріалу триботехнічного призначення	201
Сапронов О.О., Букетова Н.М., Лещенко О.В., Яцюк В.М., Ярема І.Т. Особливості впливу дисперсних добавок на перебіг процесів теплового розширення епоксидних композитів	203
Спихтаренко В.В., Лой С.А., Ермолаев Г.В., Матвиенко М.В. Исследование напряженного состояния газотермического покрытия на отрыв	204

Стадник І., Деркач А. Аналіз системних впливів на спрацювання валкових робочих органів.....	206
Стухляк П.Д., Микитишин А.Г., Золотий Р.З. Дослідження вмісту гель-фракції у модифікованих олігомерами композитах.....	208
Тимусь М.Б., Зінь І.М., Білий Л.М., Хлопик О.П., Карпенко О.В. Інгібування корозії Ст3 в хлоридовмісному середовищі біогенною поверхнево-активною речовиною.....	209
Торпаков А.С., Сизоненко О.Н., Тафтай Э.И. Экспериментальное исследование скорости фронта волны давления при высоковольтном электрическом разряде в дисперсной системе «Порошок Тl – жидкость»	211
Трегуб В.А., Сизоненко О.Н., Присташ Н.С. Анализ физических процессов высоковольтной электроразрядной обработки порошка титана в керосине.....	212
Тульженкова А.С., Вишняков Л.Р., Сичкарь Т.Г., Мороз В.П., Морозова В.Н., Варченко В.Т. Использование отходов механической обработки углепластиков для создания полимерных износостойких материалов	213
Фурман В.К., Чорний А.В., Смирнов І.В., Клевцов К.М. Створення зносостійких газотермічних покриттів із застосуванням нанопорошків.....	214
Хлопик О.П., Зінь І.М., Карпенко О.В., Тимусь М.Б., Білий Л.М. Інгібування дюралюмінію рамноліпідним біокомплексом у водно-етиленгліколевому розчині.....	216
Чаусов М.Г., Марущак П.О., Пилипенко А.П. Влияние ударно-колебательного нагружения на механические свойства и трещиностойкость трубной стали 17Г1С-У	218
Шарко О.В., Степанчиков Д.М. Оптимізація складу інгредієнтів композиційних покриттів для захисту елементів енергетичного обладнання.....	219
Щедролосев А.В., Терлыч С.В. Усовершенствование планировки типовых помещений для плавучих доков	221

ПРОБЛЕМИ ПІДГОТОВКИ СПЕЦІАЛІСТІВ ДЛЯ ТРАНСПОРТНОЇ ГАЛУЗІ

Акімов О.В., Черненко В.В. Створення умов для якісної підготовки компетентних фахівців з експлуатації морського транспорту	223
Акімова А.А. Предпосылки для оценки качества образования и компетентности морского инженера	225
Бабій М.В., Скрипка Г.Л. Реалізація компетентнісного підходу при вивченні навчальної дисципліни «Суднові котельні установки»	226
Бараненко А.І. Основні засоби, прийоми та методи формування навичок самостійної роботи курсантів з української мови (за професійним спрямуванням)	228
Безуглова І.В., Васильченко К.Г. Проблеми удосконалення розрахунків економічного розділу дипломного проекту спеціалістів морської галузі.....	230
Безуглова І.В., Стовба Т.А. Імплементация компетентнісного підходу при викладанні дисциплін економічного спрямування для фахівців морської галузі.....	232
Васильченко Г.Ю., Знамеровська Н.П. Формування ключових компетентностей студентів в процесі загальноінженерної підготовки	234
Дубовик Л.П., Кострицький В.Г. Зміст, структура та умови формування дослідницьких умінь у майбутніх спеціалістів транспортної галузі	236

Зайцева Т.В. Застосування дистанційних курсів щодо реалізації моделі особистісно-орієнтованого навчання	238
Зінченко М.О., Зінченко Д.О. Формування професійних компетентностей суднового механіка при вивченні базових дисциплін професійного циклу підготовки	240
Знамеровська Н.П., Васильченко Г.Ю. Організація навчального процесу з компетентнісним підходом у ХДМА	242
Кириухин А.В., Тищенко А.Ю. Использование стенда «Modbus сеть» в компетентносном подходе к изучению судовых микропроцессорных систем.....	244
Колесников А.К., Чаусовский Г.А. Уникальная психотехнология совладания со стрессом плавсостава морских судов	246
Кравцова Л.В., Каминская Н.Г. Формирование профессиональной компетентности курсантов морской академии на базе системы дистанционного обучения	248
Лошкарьов О.Г. Рольова гра при вивченні комерційної експлуатації суден як елемент компетентнісного підходу.....	250
Настасенко В.О. Нова навчальна програма для учнів молодших класів і про її можливі наслідки у підготовці моряків	252
Осадчук В.В., Білоусова Т.П., Тулущенко Г.Я. Про аналогію між задачами поліфокусної апроксимації та задачами побудови наближених конформних відображень.....	253
Соколов А.Е., Закуракин Д.В. Моделирование системы диагностики топливной аппаратуры в системах обучения для формирования профессиональных компетенций.....	254
Скирденко О.І., Знамеровська Н.П. Математичне планування лабораторних досліджень як елемент формування загальної компетентності фахівців морського транспорту	255

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.

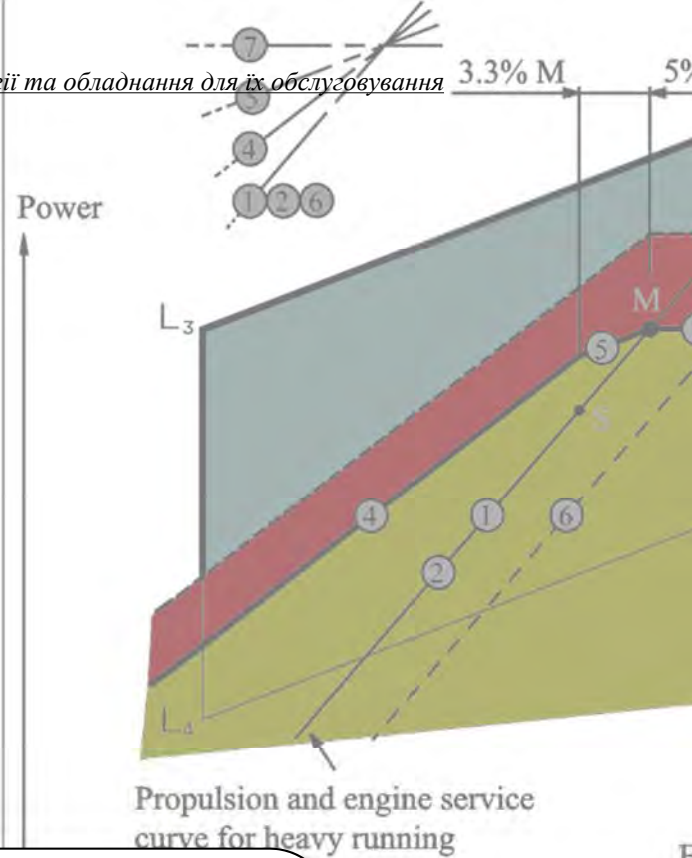
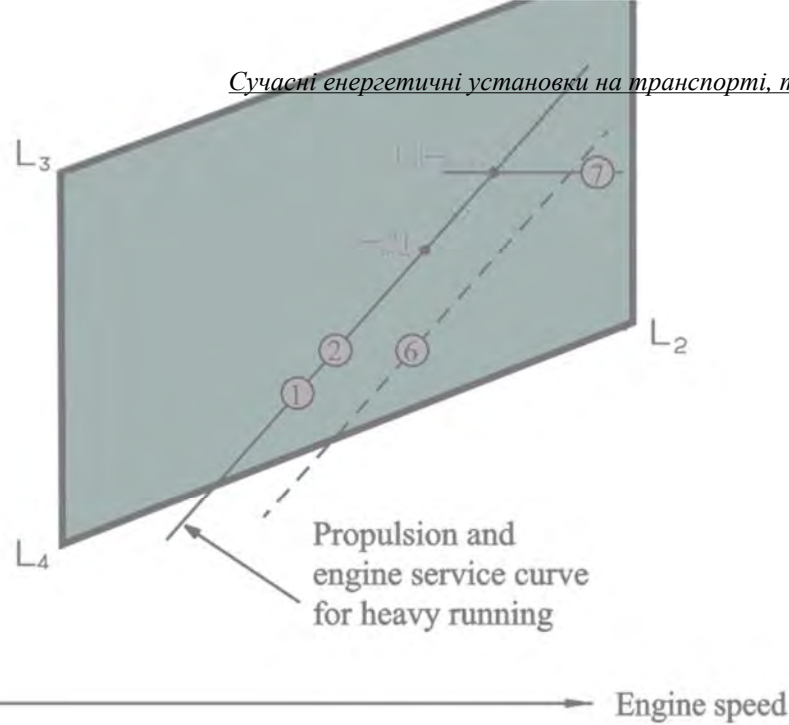
Особливе місце займають питання безпеки та охорони праці при експлуатації енергетичних установок та допоміжного обладнання на транспорті. Так вантажопідйомність сучасних офшорних кранів сягає кількох тисяч тон, що ставить на чільне місце вимоги до безпеки робітників та цілісності унікального коштовного 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 щире 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



Point M of load diagram

1: Propeller curve through SMCR point ($M=MP$)

7: Constant power line through SMCR point

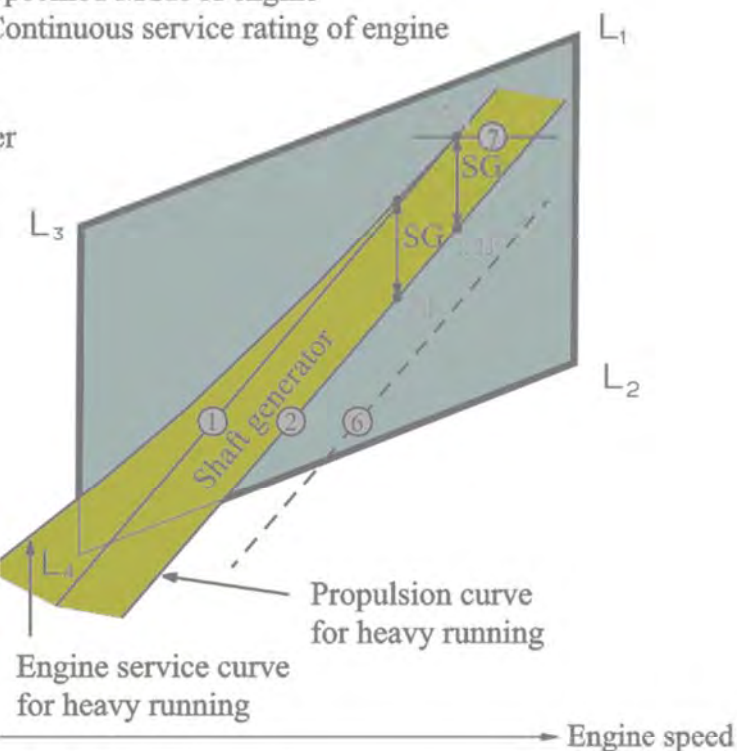
СЕКЦІЯ 1

ПРОБЛЕМИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК І ДОПОМІЖНОГО ОБЛАДНАННЯ НА ТРАНСПОРТІ

Example 1 with FPP – engine

– engine load diagram without SG

Specified MCR of engine
Continuous service rating of engine

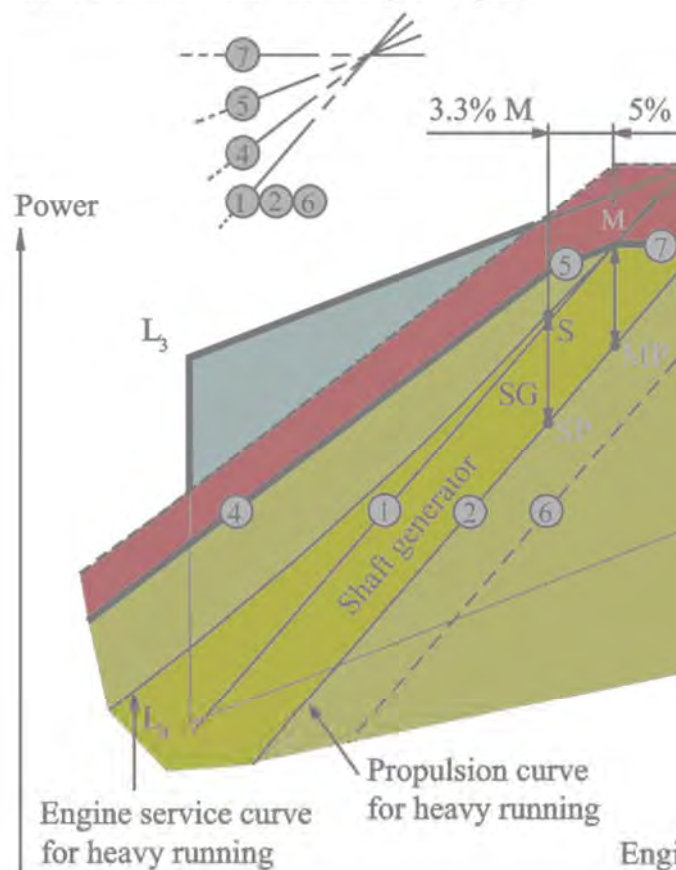


Point M of load diagram

1: Propeller curve through SMCR point ($M=MP+S$)

7: Constant power line through SMCR point (M)

M: Specified MCR of engine
S: Continuous service rating of engine



MODELING HEAT AND MASS TRANSFER IN A SEAWATER SCRUBBER FOR MARINE APPLICATION

Akimov A.V.

Kherson State Maritime Academy (Ukraine)

Seawater scrubbing of SO_2 . SO_x pollution from marine diesel engines represents a serious problem which has been faced by international regulations. At present, using low sulfur content fuels is preferred to flue gas scrubbing applications for economic reasons. However, the increasing cost of fossil fuels and the stricter emission limits under consideration for marine engines have renewed the interest in developing specific scrubbing systems, and perspectives of a larger diffusion of SO_x scrubbers is growing up. Flue gas desulfurization (FGD) is typically performed in wet scrubbers, where the absorption medium is a water slurry containing fine particles of limestone or other alkaline species. In this way, the SO_x absorption rate is enhanced by reaction with dissolved particles, which provide a continuous alkaline reagent supply. However, it has been suggested that in areas close to the sea scrubbing by seawater is an economically attractive option, since scrubbing performance relies on seawater natural alkalinity. The advantages of using seawater involve a simple plant design, no addition of chemicals and no solid by-products. The acidified effluent can be discharged directly into the sea, after a further neutralization step obtained by mixing with fresh seawater and additional forced oxidation of sulfite ions by air blowing.

The employment of wet scrubbing systems in marine engine application is a quite recent issue. Since its large availability, seawater scrubbing is an appealing choice for exhaust gas desulfurization in ships. Specific requirements for maritime scrubbing systems include low energy consumption and pressure drop, simplicity and adaptability to existing equipment, stability and easy control. One possible candidate technology meeting these requirements is spray scrubbing. However, the feasibility of this technology must be studied, especially as regards the required seawater supply rate that is necessary for achieving reasonable desulfurization efficiency. With this respect, a spray scrubber model focused on the use of seawater under maritime diesel engine exhaust conditions would be of great value, thus avoiding performing costly experimental tests.

Numerical analysis and experimental tests. Before this work, a simple numerical simulation of the absorption mechanism in a fall-down seawater droplet was developed; in particular, this model evaluates the SO_2 absorption ratio in a single spherical droplet at different operating conditions like exhaust gas conditions (temperature, volumetric flow and SO_2 concentration), seawater alkalinity and scrubber dimensions. The overall scrubbing phenomenon could be summarized as the result of a reactive flow arising inside the droplet. In fact, SO_2 dissolves in water from the gas phase following the Henry's law; here, the absorbed seawater is brought from the droplet surface to the core by an internal vortex motion (Hill's vortex) caused by the impact between the droplet and gas phase. At the same time, SO_2 convective flow reacts with the alkaline species naturally contained in seawater, so alkalinity is a crucial parameter for the absorption phenomenon. The internal circulation and diffusion assure a continuous supply of alkaline species at the droplet interface. Internal circulation is guaranteed by an internal vortex motion, caused by the shear stress exerted by the gas flow on the droplet surface. While the alkaline species content decreases, diffusion and circulation cannot supply a sufficient amount of alkaline reagent and SO_2 is transported to the droplet core. At the same time, SO_2 concentration increases at the interface and the mass flux from the exhaust gas decreases because of the concentration gradient reduction. Therefore, the problem is certainly unsteady, contrary for example to the case where the reagent is supplied continuously from solid particles.

The model consists of two different routines: in the first one, kinematics of the droplet and heat/mass exchange with the gas stream is calculated. The second routine represents the real absorption model; transport equation is calculated for both SO_2 and alkaline species in a non-symmetrical two-dimensional polar grid. Grid nodes are non-uniformly distributed along the

radius; steeper gradients are expected near the interface, so in this region the grid has been refined with a certain distribution function.

The single droplet model has been subsequently extended to an entire liquid flow with a plug model, all the droplets are supposed to be equal and without interactions between them.

The numerical results have been compared to experimental data obtained by testing a seawater scrubber prototype. Real seawater has been used, the gas stream has been simulated by a mix of air and SO_2 with different SO_2 concentration values for each test. SO_2 concentration in the after-scrubbing gas has been measured and compared to the initial value, so the desulfurization efficiency was evaluated for each operating condition. Figure 1 shows the comparison between numerical data and experimental. The results show an acceptable performance of the model, with a maximum difference of 20% between the data.

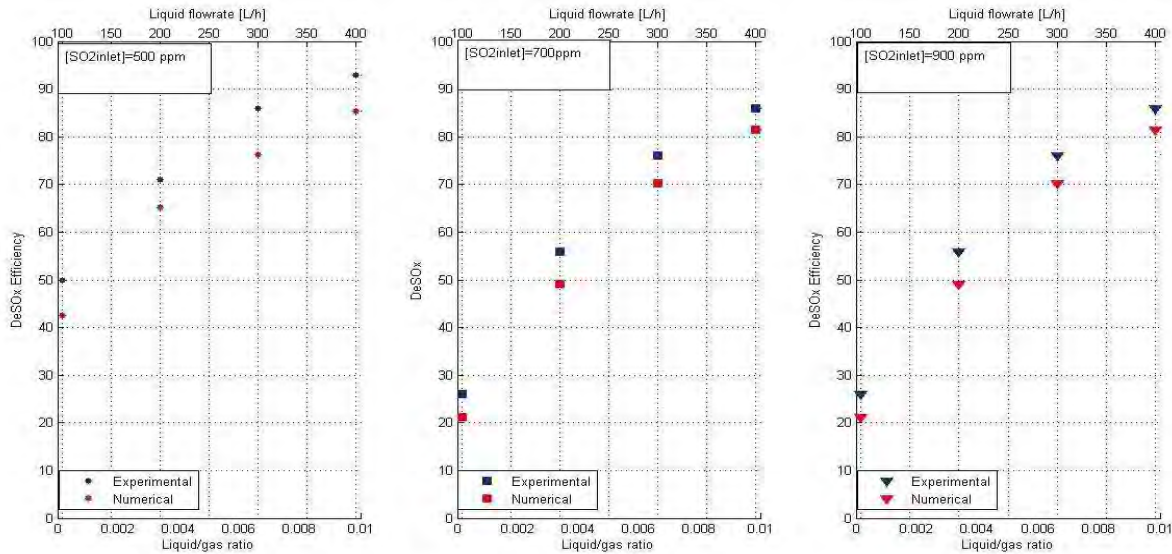


Figure 1. Comparison between numerical data (model 1) and experiments.

Numerical modeling based on CFD. Since the plug flow model is affected by large approximations in representing the real spray in the scrubber, a CFD model of the scrubbing process has been elaborated with Fluent[®], where the liquid spray has been simulated in a more realistic way.

The first step of the CFD simulation was the elaboration of a CAD model for the scrubbing tower prototype and the generation of a mesh for the domain with an appropriate geometry.

Then, after assigning the input/output section for gas and liquid flow, initial conditions are fixed. Firstly, the same gas flow composition used during the experiments has been chosen, in particular the flow was recreated by simulating a pre-heated mixture of air and SO_2 . Different SO_2 concentrations inside the overall gas flow have been tested, in order to reproduce the sulfur emissions of different kinds of marine fuels. Typical temperature values of the exhaust gas from a marine engine are in the range 500...900 K. Initial conditions of the gas flow entering the scrubber: height 1880 mm; Internal diameter 160 mm; droplet size 0.5...1.5mm; gas velocity 2 m/s; gas temperature 500 K; liquid temperature 300 K; turbulence 3 %.

The liquid flow has been modeled as a spray of large droplets, in the range between 0.5 mm and 1.5 mm; a logarithmic distribution of 10 different diameters in this range has been considered. Since the liquid cone is wide with respect to the scrubber diameter, a certain amount of liquid does not contribute to the desulfurization process because of the impact between droplets and the internal wall of the scrubber and formation of a liquid film.

The default condition of Fluent[®] assumes all elastic impacts of the droplets, so this condition has been deactivated assuming that the impacting droplets disappear from the system once they touch the wall. With the assigned inlet conditions, Fluent[®] is initialized in order to calculate the kinematic parameters for both phases (trajectory, velocity and acceleration). After this first step,

the real Discrete Phase Models is solved; here, the heat and mass transfer between the two phases is calculated and consequently the evaporation, consisting in a diameter reduction of the droplets. Droplet diameter is a very important parameter, in fact the optimal value is around 1 mm; too large droplets (mean diameter > 2 mm) have a lower contact surface between liquid and gas phase, whereas small droplets (mean diameter < 0.5 mm) could be entrained by the gas stream, with a loss of scrubbing liquid.

Figure 2 displays the results of the CFD simulation in terms of temperature distribution of the gas. A hot region and a cold region appear at the bottom and the top of the scrubber, respectively. The temperature difference by cooling effect is about 150 K, in rather good agreement with experimental results. Figures 3 and 4 show the residence time and the droplet size distributions along the trajectories. It clearly appears that some droplets hit the reactor wall (short trajectories). The residence time is limited to around 1/4 of second, whereas the droplet size does not change significantly. The distribution of droplet temperatures is displayed in Figure 5; the longer the trajectory, the higher is the temperature increase (ΔT). The maximum ΔT is 11 K, indicating that the explored condition is not drastic for droplet heating. Thus, some benefits for mass transfer could derive, since the liquid temperature remains optimal for SO_2 absorption.

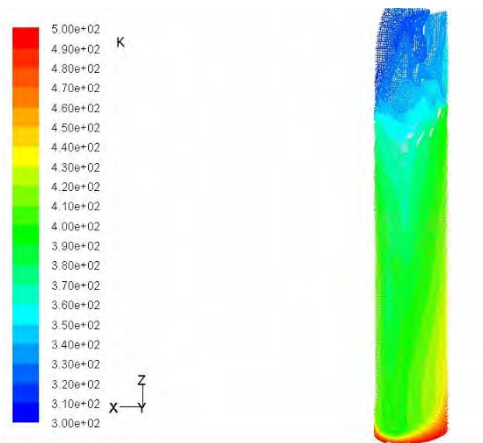


Figure 2. Temperature distribution of gas inside the reactor.

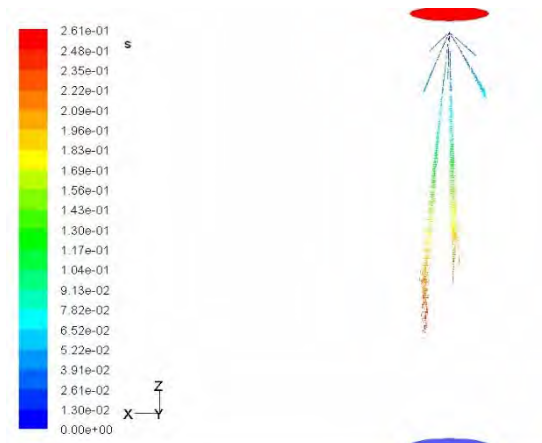


Figure 3. Droplets residence time distribution along the scrubber axis.

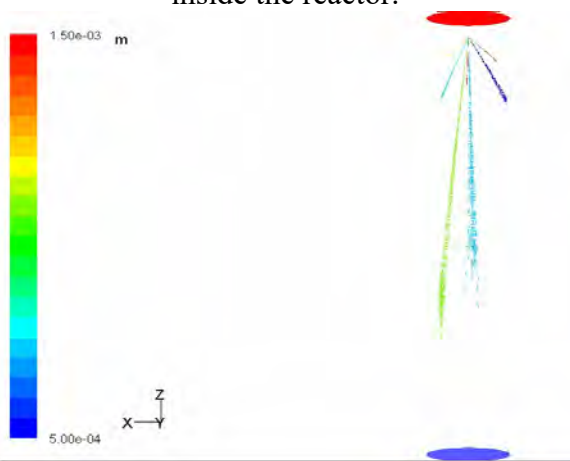


Figure 4. Droplets diameter distribution along the scrubber axis.

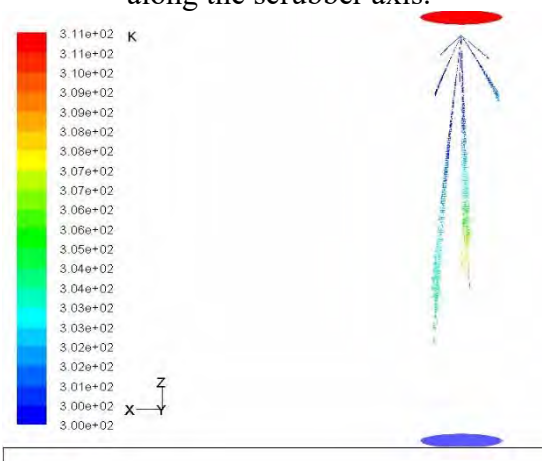


Figure 5. Droplets temperature distribution along the scrubber axis

Conclusions. The preliminary results of a CFD model demonstrate that the flue gases are effectively cooled by the adopted spray without any relevant stagnation zones. The residence time of the droplets is limited to fractions of second and their size remains practically unchanged. The heating of the droplets is rather limited, so optimal conditions for SO_2 absorption are preserved. Further improvements of the model will allow computing mass transfer between condensed and diluted phases.

КОНВЕРТАЦИЯ СУДОВЫХ МАЛООБОРОТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ДЛЯ РАБОТЫ НА ГАЗОВЫХ ТОПЛИВАХ

¹Белоусов Е.В., ¹Савчук В.П., ²Белоусова Т.П.

¹*Херсонская государственная морская академия (Украина)*

²*Херсонский национальный технический университет (Украина)*

Постоянный рост цен на нефть и топлива, получаемые из нее, а также ужесточение требований, связанных с экологическими показателями судовых двигателей, заставляют все большее число производителей искать альтернативные решения, связанные как с поиском новых топлив, так и способов их использования в судовых дизелях [1].

В качестве наиболее перспективных топлив, позволяющих одновременно снизить и стоимость перевозок, и количество вредных выбросов, являются газовые топлива различного происхождения. Наиболее перспективным газовым топливом (ГТ) сегодня считается природный газ.

Применение природного газа позволяет существенно сократить количество вредных выбросов в сравнении с топливами нефтяного происхождения – полностью исключить выбросы серы, кардинально (на 90 %) снизить выбросы оксидов азота (NO_x) и существенно (на 30 %) снизить выбросы твердых частиц и диоксида углерода (CO₂) [2]. К другим преимуществам ГТ можно отнести отсутствие жидких фракций, что исключает разжижение масла в зоне работы поршневых колец, а практически полное отсутствие зольности приводит к улучшению условий смазки и повышению срока службы циркуляционного масла. В результате ресурс двигателей, работающих на газе, может быть увеличен в 1,3...1,5 раза, во столько же снижены затраты на обслуживание и ремонт.

Первоначально вопрос использования природного газа в качестве моторного топлива на флоте встал для судов-газовозов. Накопление опыта их эксплуатации позволило расширить область применения ГТ в двигателях судов других типов. Сегодня использование сжиженного природного газа рассматривается как перспективное направление для судов – контейнеровозов, пассажирских, автомобилевозов, паромов и т.д. [2, 3]. Специфические условия работы судов наложили свои отпечатки на развитие топливных систем судовых двигателей, работающих на газе. В первую очередь это связано с необходимостью сохранить возможность работы двигателя на жидких топливах, которая возникает всякий раз, когда судно движется в балласте. Кроме того, в зависимости от вида груза, условий плавания и времени, состав газов, используемых в СЭУ, может существенно изменяться. Топливная система должна адекватно реагировать на такие изменения и обеспечивать работу двигателей на номинальных режимах.

Исходя из этого, основная масса судовых двигателей создается сегодня двухтопливными (dual-fuel (DF)), то есть способными работать на газовом, жидком топливе или на обоих топливах сразу в различных пропорциях.

К организации рабочего процесса в DF-двигателях при работе на газе существует два принципиально различных подхода – использование внешнего и внутреннего смесеобразования. При этом в обоих случаях воспламенение газо-воздушной смеси осуществляется от электрической искры или небольшой порции жидкого топлива, впрыснутого в рабочий цилиндр.

Изначально задача использования природного газа в судовых двигателях была решена для четырехтактных двигателей, в которых преимущественно использовалось внешнее смесеобразование в комбинации с запальным зажиганием [1]. В двухтактных двигателях организовать внешнее смесеобразование достаточно сложно, так как перед поступлением в рабочий цилиндр воздух заполняет подпоршневую полость, имеющую достаточно большой объем. Наличие большого количества газо-воздушной смеси увеличивает опасность взрыва и серьезность его последствий. Поэтому в современных двухтактных двигателях используется внутреннее смесеобразование, при котором газовое топливо подается в

рабочий цилиндр после закрытия газораспределительных органов.

К внутреннему смесеобразованию существует два основных подхода:

– газ подается в рабочий цилиндр сразу после закрытия выпускного клапана в начальной стадии такта сжатия под относительно небольшим давлением, благодаря чему такие системы получили название – *систем питания низкого давления*;

– газ подается в камеру сгорания вместе с запальным топливом в конце такта сжатия под высоким давлением, поэтому такие системы получили название *систем питания высокого давления* или *прямого впрыска газа* (Direct Injected Gas (GD)).

В настоящее время, к опытной эксплуатации двухтактных малооборотных двигателей с системами низкого давления приступила фирма Wärtsilä, создавшая для продвижения данных технологий дочернюю компанию Winterthur Gas and Diesel Ltd. Системами высокого давления оборудуются малооборотные газодизельные двигатели фирмы MAN, которые используются в качестве главных, не только на газовозах, но и на других типах судов. В этом же направлении ведет разработки японская фирма Mitsubishi, которая на базе дизелей серии UEC создает собственный вариант малооборотного DF-двигателя получившего индекс UEC-LSGi. В таблице 1 приведены основные особенности, связанные с конструкцией, организацией рабочего процесса и эксплуатацией газодизельных двигателей оборудованных системами низкого и высокого давления.

Таблица 1 – Сравнение систем подачи газа в двигатель низкого и высокого давления

Особенности конструкции и организации рабочего процесса	Низкого давления	Высокого давления
Мощность на газовом топливе	80% от $N_e^{ЖТ}$	100% от $N_e^{ЖТ}$
Чувствительность к качеству газа (метановое число)	не ниже 80	нет
Чувствительность к температуре воздуха на входе	есть	нет
Доля запального топлива	$\approx 1\%$	3...5%
Наличие отдельной системы запального впрыска	Есть	Нет
Возможность использования HFO как запального	В перспективе	Да
Возможность использования HFO как резервного	Да	Да
Возможность работы на двух топливах одновременно (кроме запального)	Нет/В перспективе	Да
Смесеобразование	С перемешиванием	Без перемешивания
Давление подводимого газового топлива	1,6 МПа	30,0 МПа
Максимальное давление цикла	Возрастает	Без изменений
Возникновение детонации при изменении нагрузки	Возможно	Нет
Вероятность пропуска воспламенения	Есть	Нет
Вероятность взрыва в подпоршневом пространстве	Есть	Нет
Вероятность взрыва в выпускном ресивере	Есть	Нет
Вероятность утечек газа в машинное отделение	Низкая	Высокая
Эффективный КПД на газовом топливе	Без изменений	Возрастает
Эффективный КПД на жидком топливе	Снижается	Без изменений
Соответствие нормам выбросов IMO по NO_x	Tier III	Tier II
Выбросы CO_2 с отработавшими газами г/(кВт×ч)	485,7	452,4
Выбросы метана с отработавшими газами г/(кВт×ч)	3...6	$\approx 0,5$
GWP (потенциал глобального потепления в эквиваленте CO_2) от ЖТ	На ниже 10%	На ниже 23%
Возможность перехода с одного топлива на другое под нагрузкой	До 80% от $N_e^{ЖТ}$	Без ограничений
Реакция двигателя на изменение нагрузки	Замедленная	Без изменений

Анализ таблицы 1, позволяет выявить преимущества и недостатки каждого из рассмотренных типов систем газоснабжения двухтактных малооборотных газодизельных двигателей и обозначить перспективные области их использования.

Преимущества систем низкого давления:

- хорошее перемешивание газо-воздушной смеси в ходе процесса сжатия;
- использование минимальной порции запального топлива для поджога газо-воздушной смеси;
- подача газ в рабочий цилиндр под относительно низким давлением, что позволяет снизить вероятность утечек, упростить топливную систему, повысить безопасность ее использования;
- для подачи ГТ можно использовать более дешевые и надежные винтовые или центробежные компрессоры.

Недостатки систем низкого давления:

- возможность возникновения детонации и как следствие более высокие требования к качеству ГТ;
- неизбежное просачивание газо-воздушной смеси через поршневые кольца в подпоршневое пространство на такте сжатия, а так же вероятность попадания газа в подпоршневое пространство в случае повреждения газового клапана;
- ограничения по мощности двигателя при работе на ГТ на уровне 80% от номинала, замедленная реакция на изменение нагрузки.

Преимущество систем прямого впрыска:

- при подаче ГТ непосредственно в камеру сгорания, можно полностью исключить возникновение детонации, по этому, отсутствуют какие либо ограничения по мощности двигателя при работе на ГТ, да и требования к качеству ГТ менее жесткие;
- исключено попадание ГТ в подпоршневое пространство;

Недостатки систем прямого впрыска:

- использование газа под высоким давлением усложняет топливную систему, повышает требования к ее безопасности;
- большой расход жидкого топлива на запальное зажигание газо-воздушной смеси;
- для сжатия природного газа необходимо использование многоступенчатых компрессоров, что повышает энергетические затраты установки.

Очевидно, что оба подхода к организации рабочего процесса в газодизельных двигателях имеют свои преимущества, которые для определенного типа установок могут оказаться решающими. В этой связи, можно предположить, что область использования систем низкого давления в обозримой перспективе будут ограничиваться судами газовозами. Эти суда могут обеспечивать достаточно стабильные параметры газового топлива на входе в двигатель, а режимы их работы в большей степени соответствуют тем ограничениям которые накладываются на двигатели выполненные по схеме низкого давления. Основным преимуществом определяющим использование таких двигателей будет их более низкая стоимость, меньшие эксплуатационные затраты, особенно по составляющей жидкого топлива, простота в эксплуатации и более высокие экологические показатели.

Системы высокого давления могут быть использованы на судах всех типов, однако, более высокая стоимость и повышенные эксплуатационные затраты в значительной степени снизят эффект от их использования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Rolsted H. MAN B&W 2-stroke Marine Engine Leading today's Environmental challenges [Текст]./ Rolsted H. // Korea: MAN Diesel & Turbo SE, 2010. – 86 p.
2. ME-GI – Dual Fuel Done Right [Текст]. MAN Diesel, ME-GI, SNAME NY, 2013. – 73 p.
3. ME-GI Dual Fuel MAN B&W Engines A Technical, Operational and Cost-effective Solution for Ships Fuelled by Gas [Текст]. Denmark, Copenhagen: MAN Diesel & Turbo. 2012. – 36 p.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КАРТЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ЗАДАЧАХ МОНИТОРИНГА И ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ

Варбанец Р.А., Кучеренко Ю.Н., Кырнац В.И., Жолтиков Е.И.
Одесский национальный морской университет (Украина)

В ходе исследований используется метод построения технологических карт, предложенный профессором И.И. Кринецким, позволяющий визуализировать структуру научных исследований. Разработаны технологические карты исследований в трех близких научных направлениях, связанных с задачей мониторинга рабочего процесса и параметрической диагностики судовых и железнодорожных дизелей. Предложено решение актуальной для судовых дизелей задачи определения эффективных параметров, что является требованием большинства сертификационных обществ. Предложено новое решение задачи синхронизации данных при параметрической диагностике рабочего процесса в цилиндре судового дизеля. Для маневровых дизелей предложено решение комплексной задачи параметрической диагностики, повышающее эффективность плановых ремонтных работ. Сформирована общая структура научных исследований, выделены главные и вспомогательные задачи, представлена общая оценка полученных научных результатов и сформированы научные положения. Обобщен результат исследований. Результаты исследований подтвердили, что построение технологической карты, т.е. графическая визуализация целей и задач научного исследования, является действенным средством представления структуры научной работы, обоснования ее актуальности, новизны и практической ценности.

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЭНЕРГИИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДВС С ГАЗОТУРБИНЫМ НАДДУВОМ

Вассерман А.А., Слынько А.Г.

Одесский национальный морской университет (Украина)

В народном хозяйстве и, в частности, на судах в качестве устройств по преобразованию тепловой энергии топлива в механическую всё чаще применяются ДВС с газотурбинным наддувом. Поэтому в настоящей работе исследуется вопрос о более полном использовании энергии отработавших газов ДВС при таком наддуве.

Значительное количество ДВС с газотурбинным наддувом, большие мощность таких судовых ДВС и рост стоимости топлива для них определяют актуальность исследований, направленных на повышение экономичности таких двигателей.

Целью данной работы является разработка способа повышения экономичности ДВС с газотурбинным наддувом путём установления соотношения между значениями работы газовой турбины и компрессора при различных давлениях наддува и выработки рекомендаций по использованию избыточной мощности турбины.

Расчёты, выполненные нами по известной методике [1,2], показали, что в газовой турбине при различных давлениях наддува от 0,15 до 0,35 МПа и характеристиках теоретического цикла ДВС с газотурбинным наддувом: степени сжатия $\varepsilon = 14 \dots 16$, степени повышения давления $\lambda = 1,15 \dots 1,25$ и степени предварительного расширения $\rho = 1,3 \dots 1,5$ не полностью используется потенциальная энергия отработавших газов. Степень недогрузки турбины зависит от давления наддува: чем больше это давление, тем бóльшая часть работы газовой турбиной не используется турбокомпрессором при сжатии свежего воздушного заряда.

Эта зависимость имеет максимум, после достижения которого работа компрессора приближается к работе газовой турбины. Строго говоря, положение максимума величины недогрузки турбины зависит от основных характеристик цикла ДВС. Однако в среднем до давления наддува 0,24 МПа имеет место устойчивый рост недоиспользования энергии отработавших газов в газотурбонагнетателе.

Если к свободному концу вала газовой турбины присоединить какой-либо потребитель механической энергии, то можно «бесплатно» обеспечить выполнение соответствующей функции ДВС либо судовой энергетической установки, не затрачивая механическую энергию, вырабатываемую двигателем. С помощью системы передач недоиспользуемую энергию отработавших газов турбонагнетателя можно передавать на вал двигателя. Тогда термический КПД такого ДВС увеличится примерно на 7 %.

Масштабы использования ДВС с газотурбинным наддувом и большие мощности современных судовых двигателей позволят при внедрении указанных мероприятий экономить существенное количество топлива при эксплуатации этих ДВС. Учитывая постоянный рост стоимости топлива, сэкономленные средства быстро окупят затраты, связанные с модернизацией используемых и производством новых ДВС, работающих с усовершенствованными предлагаемым способом газотурбонагнетателями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Судовые двигатели внутреннего сгорания: Учебник. Ю.Я.Фомин, А.И.Горбань, В.В.Добровольский, А.И.Лукин и др. —Л.: Судостроение, 1989.—344 с.
2. Двигатели внутреннего сгорания морских судов. Учебник. В.И.Самсонов, Н.И.Худов. —М.: Транспорт, 1990.—368 с.

ВПЛИВ ВИПАРОВУВАНОСТІ БЕНЗИНІВ НА ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ПОКАЗНИКИ РОБОТИ ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

Гаєва Л.І., Дикун Т.В.

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

Утворення горючої паливно-повітряної суміші залежить як від фізико-хімічних властивостей палива, так і від умов, у яких відбувається цей процес, тобто від випаровуваності бензину. Випаровуваність бензину впливає на пуск і приємність двигуна, надійність його роботи в різних умовах, витрату та втрати бензину при транспортуванні, утворення парових пробок у системі живлення двигуна, спрацювання деталей двигуна, екологічність вихлопу.

В даній роботі досліджено випаровування трьох зразків бензину: А-95, А-95Ек і бензину етанольної суміші Е-10. Результати фракційної перегонки бензинів відображені на рис. 1.

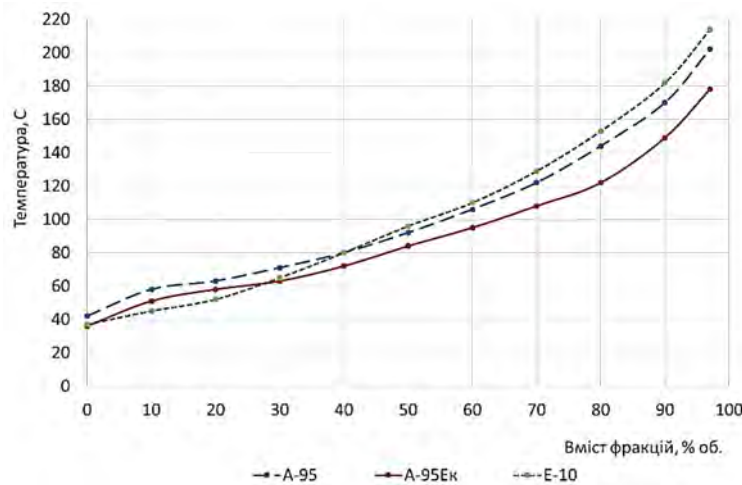


Рисунок 1. Криві перегонки бензинів

На основі значення характерних температур фракційного складу зразків автомобільних бензинів визначені за відповідними формулами і графічними залежностями температури доквілля, за яких можливий легкий ($t_{л.п.}$), задовільний ($t_{з.п.}$) і неможливий ($t_{н.п.}$) пуск холодного двигуна; температуру у підкапотному просторі, за якої можлива зупинка автомобіля через утворення парових пробок у системі живлення двигуна ($t_{п.п.}$); температуру горючої суміші у впускному трубопроводі, за якої закінчується прогрівання двигуна ($t_{г.с.}$); зміну динамічності автомобіля (Δp); зміну робочого спрацювання деталей двигуна ($\Delta зм$) порівняно з нормальним (табл.1).

Таблиця 1. Показники роботи ДВЗ на різних бензинах

Марка бензину	$t_{л.п.}, ^\circ\text{C}$	$t_{з.п.}, ^\circ\text{C}$	$t_{н.п.}, ^\circ\text{C}$	$t_{п.п.}, ^\circ\text{C}$	$t_{г.с.}, ^\circ\text{C}$	$\Delta p, \%$	$\Delta зм, \%$
А-95	-12,6	-22,1	-26,5	65,0	21,0	70,3	97,0
А-95Ек	-18,2	-26,9	-30,0	53,0	17,0	73,2	93,0
Е-10	-23,0	-31,0	-33,0	55,0	23,0	60,9	85,5

Згідно табл. 1 з трьох наведених зразків автомобільних бензинів найбільш оптимальною випаровуваністю володіє бензино-етанольна суміш Е-10. При її використанні теж покращуються екологічні показники роботи ДВЗ, оскільки зменшується у відхідних газах вміст оксидів карбону і нітрогену, а також зменшується об'єм продуктів згорання палива. Згідно температур доквілля, за який можливий пуск двигуна, дані бензини доцільно використовувати у зимовий період.

СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ СУДНОВИМИ ТЕХНІЧНИМИ ЗАСОБАМИ

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

Вступ. Для успішного вирішення завдань комплексної автоматизації судна велике значення має автоматизація процесів виробництва, перетворення та розподілу електроенергії по судових споживачах, здійснюваних СЕЕС. Автоматизацію СЕЕС виконують із використанням пристроїв і систем регулювання, керування та захисту, що реалізує наступні функції: пуск, зупинку та контроль генераторних агрегатів (ГА); стабілізацію напруги й частоти генераторів; розподіл активних навантажень між паралельно працюючими ГА; включення резервних і аварійних джерел електроенергії; автоматичне включення генераторів на паралельну роботу; захист генераторів, електричних мереж і СЕЕС від ненормальних режимів; захист споживачів від ненормальної роботи; перемикання живлення споживачів; контроль за роботою СЕЕС; дистанційне керування СЕЕС.

Актуальність досліджень. Широке впровадження малогабаритних та швидкодіючих мікропроцесорних засобів обробки інформації забезпечило застосування принципово нових систем керування судовими електромережами та роботами дизель-генераторів. В загальному випадку в складі мікропроцесорних систем керування входять: об'єкт керування; пульт керування; електронно-обчислювальна машина; інтерфейси; здавачі; підсилювачі потужності; виконавчі механізми; блок індикації; контролери та канали передачі даних.

На сучасних судах застосовують різноманітні системи для керування технічними засобами шляхом збирання, перетворення, подачі та відображення інформації, формування, передачі та реалізації керуючих впливів на керовані об'єкти. Системи керування (СК) виконують повністю або частково функції автоматичного контролю, регулювання, керування, захисту, діагностування та прогнозування стану технічних засобів за участю людини-оператора або без його особистої участі. Зважаючи на вищесказане, дослідження проблем цього напрямку є актуальними.

Постановка задачі. Зважаючи на досить великі сталі часооб'єктів керування на судах, підвищити реакцію та швидкодію систем керування за рахунок модернізації алгоритмів діючих систем та методів здійснення керування

Для керування генераторними агрегатами (ГА) та електроенергетичними системами на судах знаходять застосування наступні системи:

- дистанційного автоматичного керування (ДАК) генераторними агрегатами (ДГ, ТГ, ВГ, УТГ, АДГ);
- керування СЕЕС із "твердою" логікою (з використанням функціональних пристроїв, блоків та модулів);
- керування СЕЕС із програмувальною логікою (на базі мікропроцесорів та мікроЕОМ).

У загальному випадку до складу автоматизованої СЕЕС можуть входити різнотипні ГА та системи ДАК. Різнотипні генераторні агрегати зі своїми системами ДАК можуть бути пов'язані з допомогою загального керуючого пристрою, що входить у систему керування СЕЕС.[1]

В залежності від участі операторів в керуванні енергетичною установкою та контролю за Правилами Регістру надається судну знак автоматизації А1 або А2. А1 це автоматизоване судно з без вахтовим обслуговуванням машинного відділення та центральних постів керування. А2 це автоматизоване судно з дистанційним обслуговуванням машинного відділення та центральних постів керування. На судах зі знаком А2 передбачаються енергетичні системи з автоматизованим та дистанційним керуванням генераторних агрегатів: основні складні процеси автоматизовані, а окремі операції виконує при

дистанційному керуванні оператор. Для суден зі знаком А1 автоматизовані енергетичні системи з програмним керуванням повинні працювати без допомоги оператора.

Результати досліджень. У даній роботі розглядається система керування судновими дизель-генераторами мікропроцесорним контролером GC-1F.

Блок контролера GC-1F (Generator Controller – контролер генераторного агрегату) є мікропроцесорним пристроєм, що здійснює всі необхідні функції з управління, контролю та захисту генераторного агрегату. Крім функцій захисту та управління генераторним агрегатом, блок містить схеми для виміру 3-фазного струму та напруги.

Блок має РК-дисплей, на який виводяться значення параметрів та аварійні сигнали. Для зниження енерговитрат дисплей контролера автоматично відключається через певний проміжок часу та знову включається, при натисканні однієї з кнопок або при зміні робочих параметрів. Після включення живлення GC-1F автоматично виконує самодіагностику. У випадку виявлення несправностей на дисплей виводяться повідомлення з номером несправності, спрацьовують реле звукової сигналізації та реле стану контролера GC-1F. На рис. 1 показано схематичне зображення керування судновим дизель-генератором.



Рисунок 1. Схематичне зображення керування судновим дизель-генератором

Схема виводів мікроконтролера GC-1F та виводів керування двигуном (потужним агрегатом, Y2) показана на рис.2.

За допомогою системи керування судновими дизель-генераторами мікропроцесорним контролером GC-1F стає можливим наступні контролюючі операції: керування двигуном, контроль роботи двигуна, контроль роботи генератора, захист генератора (2-х ступеневий) (ANSI).

Налаштування GC-1F може проводитися як за допомогою меню, яке виводиться на його дисплей, так і за допомогою комп'ютера, на якому встановлено спеціальне програмне забезпечення (ПЗ DEIF USW, яке входить в поставку контролера). ПЗ DEIF USW дозволяє контролювати роботу генераторної установки, а також керувати нею. Це істотно розширює можливості оператора по налаштуванню GC-1F. Контролер підтримує як пряме підключення до комп'ютера (при цьому використовують конвертер RS232-інтерфейсу), так і підключення за допомогою GSM модему.

Параметри GC-1F закриті від несанкціонованого доступу за допомогою пароля (2 рівня захисту).

Програмне забезпечення DEIF USW може бути використано для дистанційного керування і контролю (пуск, зупинка, управління вимикачами, вибір режиму роботи

електростанції, контроль робочих параметрів) електростанцією на базі контролера GC-1F і надається безплатно разом з контролером. Також є можливість відображення часових залежностей параметрів (у вигляді графіків) та повідомлень про несправності (список аварій електростанції). Зв'язок ПК з контролером GC-1F може бути реалізованим по провідному каналу (Modbus RS485) або безпроводному (радіомодеми, GSM модеми). Для контролю та управління відразу декількома контролерами GC-1F може також бути використано програмне забезпечення DMS. DMS це система дистанційного управління і контролю декількох пристроїв, які підтримують комунікаційний протокол Modbus.[2]

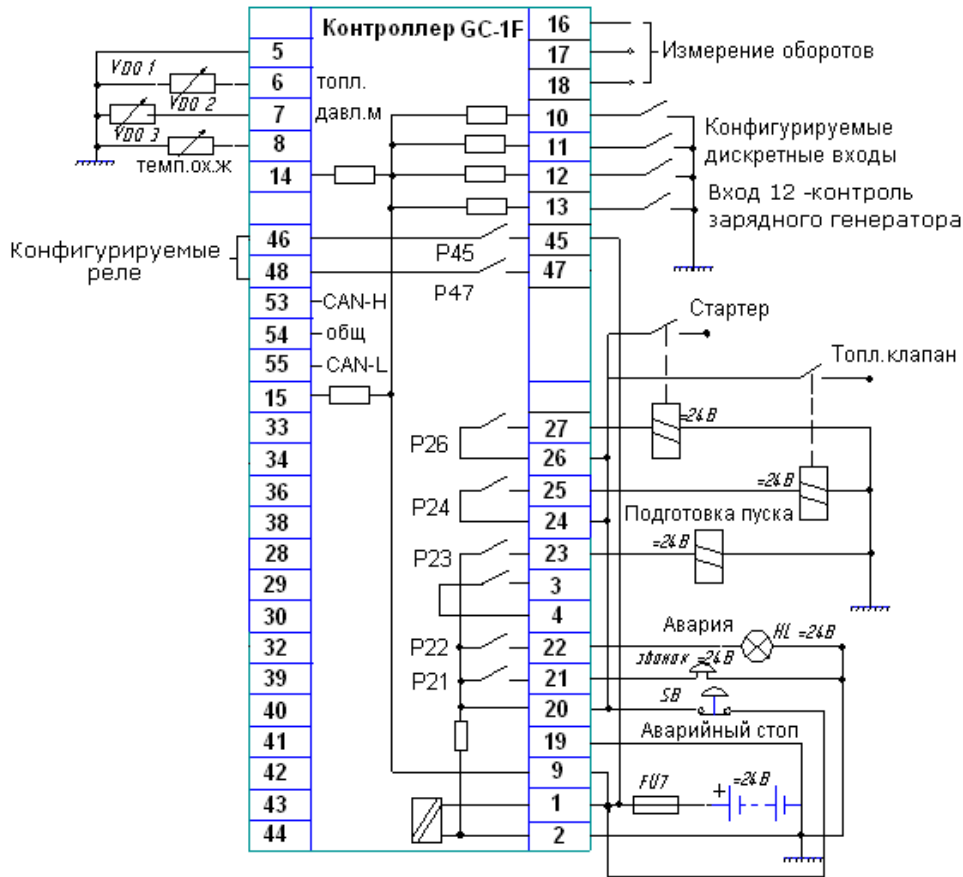


Рисунок 2. Схема виводів мікроконтролера GC-1F та виводів керування двигуном (потужним агрегатом, Y2)

Висновки. Аналіз розглянутої в роботі систем керування судновими технічними пристроями дозволяє зробити висновок, що для підвищення ефективності прийняття рішень людиною-оператором в робочих умовах доцільно забезпечити процеси регулювання, керування, захисту, діагностування та прогнозування стану технічних засобів за участю людини-оператора або без його особистої участі за допомогою сучасних мікроконтролерних систем.

ЛІТЕРАТУРА

1. Zhilenkov A. Investigation performance of marine equipment with specialized information technology [Text] / A. Zhilenkov, S. Chernyi // Energy Procedia. – 2015. – Vol. 100. – P. 1247–1252. doi: 10.1016/j.proeng.2015.01.490.
2. Кондратенко Ю.П., Сидоренко С.А. Методи проектування нечітких пристроїв прийняття рішень на основі програмованих логічних ІМС. // Наукові записки НаУКМА. – Київ, 2000. – Т. 18. Ч.2. – С. 401- 412.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕДУРЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПОЕЗДОВ

Егоров О.И., Ванжа А.Г.

*Днепропетровский национальный университет железнодорожного
транспорта им. В.Лазаряна (Украина)*

Построение информационно-управляющих систем, систем контроля движения подвижных единиц, как в пределах станции, так и на прилегающих к ней путях, тесно связано с использованием системами идентификации. Развитие средств вычислительной техники, железнодорожной автоматики, моделей и методов обработки и хранения данных позволило реконструировать, усовершенствовать многие информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. Одним из ключевых аспектов функционирования этих систем является непосредственно информация об объектах управления. Источниками данной информации могут быть различные подсистемы организации ввода данных, как автоматизированные, так и все еще использующие ручной ввод.

Системы идентификации позволяют получить различную информацию на технологических этапах обработки вагонопотоков. Так на сортировочных станциях, которые представляют собой сложные технико-информационные структуры, отслеживание подвижных единиц ведется постоянно, в любой момент времени необходимо точно знать об их местонахождении. При прибытии и отправлении поезда на сортировочной станции происходит списывание номеров каждой подвижной единицы; постоянно ведется отслеживание движения составов и отдельных отцепов по путям парков сортировочной станции при помощи напольного оборудования; при скатывании отцепов с горки происходит определение их динамических характеристик и контроль правильности роспуска составов.

Целью данной работы является усовершенствование процедуры для метода идентификации поезда, которая позволит идентифицировать поезд, сопоставив данные полученные с информационной системы верхнего уровня и данные, полученные при идентификации поезда после прохождения контрольного участка.

За основу был принят уже существующий метод идентификации поездов с использованием трехточечного контрольного участка и информации с систем верхнего уровня [1].

Основные изменения усовершенствования процедуры обработки данных для идентификации поездов заключаются в следующем:

- расширен парк идентифицируемых вагонов и локомотивов. Включены новые и экспериментальные вагоны и локомотивы, используемые на железных дорогах нашей страны и ближнего зарубежья;
- рассмотрен ряд вагонов европейских стран, как объектов идентификации;
- усовершенствован алгоритм идентификации поезда в обратном порядке – «хвост-голова»;
- усовершенствован алгоритм обработки сигналов от датчиков с учетом анализа межосевых расстояний новых вагонов и локомотивов.

Измененные алгоритмы идентификации подвижных единиц и поезда в целом были апробированы на имитационной модели. Результаты показали высокий уровень правильности идентификации.

ЛІТЕРАТУРА

1. Жуковицкий И. В. Процедура идентификации поездов с использованием информации АСК ВП УЗ-Е / И. В. Жуковицкий, О. И. Егоров // Інформаційно–керуючі системи на залізничному транспорті. – Харків. – 2015.–№6(115).–С.61–66.

НЕСУЧА ЗДАТНІСТЬ ШАРНІРІВ ПАРАЛЕЛЬНО-РЯДНИХ ЛАНЦЮГОВИХ ПЕРЕДАЧ НАФТОГАЗОВИДОБУВНОГО ОБЛАДНАННЯ І ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ У ІМОВІРНІСНОМУ АСПЕКТІ

¹Кривий П.Д., ²Тимошенко Н.М., ¹Бутрин О.П., ¹Грушицький О.Я.

¹Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя (Україна)

²Національний університет «Львівська політехніка» (Україна)

Переконливо доведено, що як на Сході та Півдні, так на Заході та Півночі України наявність величезних запасів природного газу і нафти [4].

Відзначено, що однією із головних конструкторських особливостей певного класу нафтогазовидобувного обладнання (бурих установок) [3], що виготовляється у Російській Федерації, США, Японії та Румунії і деяких транспортних засобів [1], є наявність ланцюгових передач (приводи лебідки піднімання штанг, обертання ротора, газорозподільчих механізмів двигунів внутрішнього згорання, тощо), у яких використовують багаторядні (2-х – 6-ти рядні) приводні ланцюги.

Встановлено, [1, 2], що завдяки стохастичності розмірних параметрів деталей і довжин відрізків самих приводних багаторядних ланцюгів (ПБЛ), навантаження по рядах розподіляється нерівномірно, що знижує надійність і може призвести до нерівномірного зношування шарнірів та аварійної поломки і як наслідок величезних фінансових втрат.

Відзначено, що подані у літературі [2] значення коефіцієнта рядності K_m для ПБЛ, які використовуються при визначенні несучої здатності таких ланцюгів суттєво відрізняються. При цьому не враховано таких факторів як точність контактних кроків і довжин відрізків ПБЛ, конструктивних параметрів самих ланцюгових передач, та фізико-механічних властивостей матеріалів деталей ланцюгів.

Дослідженнями Хавасавої Н.І. здійсненими в інституті нафти та газу ім. Губкіна на (Москва) підтверджено підвищену ефективність паралельно-рядних ланцюгових передач (рис. 1) по відношенню до багаторядних, які широко використовуються у приводах механізмів бурових установок. Підкреслено відсутність методики визначення несучої здатності шарнірів паралельно-рядних ланцюгових передач, яка б враховувала як точнісні так і жорстні параметри таких ланцюгів.

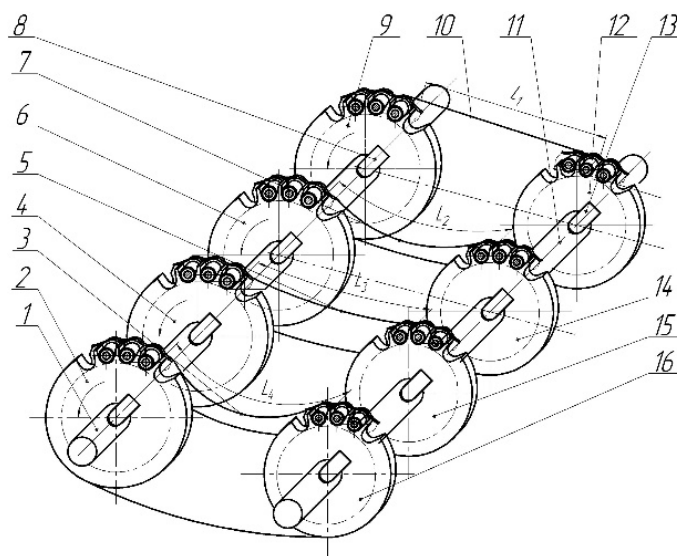


Рисунок 1. Схема чотириконтурної ланцюгової передачі: 1- ведучий вал, 2, 4, 6-9 – ведучі зірочки, 3,5,7,10 – робочі вітки відповідних контурів передачі, 8 і 13 відповідно шпонки на ведучому 1 і веденому 11 валах, 13,14,15 і 16 – ведені зірочки

Тому запропоноване рішення розглядуваної задачі сприятиме науково-обґрунтованому вибору необхідних типорозмірів ПБЛ паралельно-рядних ланцюгових передач, підвищенню надійності їх роботи і безперечно є актуальним.

Розглянуто несучу здатність шарнірів на прикладі паралельно-рядної ланцюгової передачі, що складається із чотирьох контурів (рис. 1). Прийняті допущення: контактні кроки і довжини відрізків приводних ланцюгів величини випадкові, з нормальним законом розподілу. Поле розсіювання, допуск на довжину робочої вітки виразиться формулою $\delta_e = \bar{l}_{p.v.} + 6\sigma(l_{p.v.})$, де відповідно $\bar{l}_{p.v.}$ – середнє значення робочої вітки; $\sigma(l_{p.v.})$ – середнє квадратичне відхилення довжини робочої вітки.

Запропоновано в основу методики покласти принцип максимуму-мінімуму при якому довжина однієї із віток, наприклад перша – мінімальна, а інша, наприклад четверта, максимальна і прийнято допущення про те, що довжини всіх робочих віток розподілені на полі розсіювання тобто у інтервалі [a; b] за законом рівної імовірності (рис. 2).

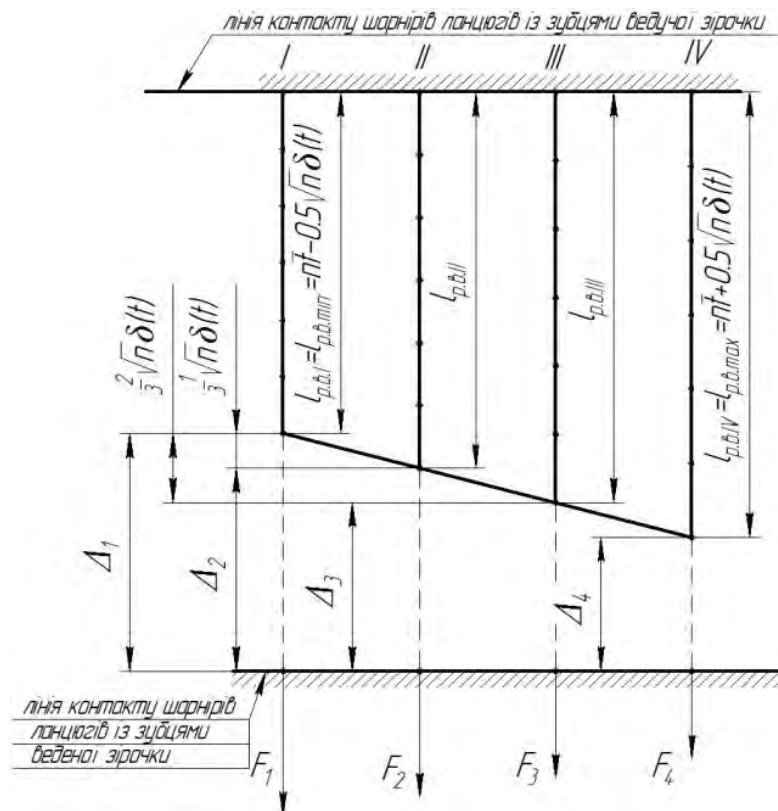


Рисунок 2. Схематичний розподіл довжин робочих віток $l_{p.v.}$ та їх деформації при навантаженні силами розтягу F_1, F_2, F_3, F_4 — і — — відповідно ненавантажені і навантажені робочі вітки

Використавши [2], отримано залежності для визначення значення деформацій $\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3, \Delta_4$, довжин робочих віток виходячи з обмеження, що найкоротша робоча вітка навантажена допустимою максимальною силою $F_1 = [p] \cdot A / K_e$, тут $[p]$ – допустимий базовий тиск у шарнірі приводного ланцюга; A – площа опорної поверхні шарніра; K_e – коефіцієнт режиму експлуатації, а також формули для визначення сил F_2, F_3 і F_4 :

$$F_2 = \left\{ \left[(B - c) \cdot 10^3 \right] \cdot k \cdot n \right\}^x;$$

$$F_3 = \left\{ \left[(B - 2c) \cdot 10^3 \right] / k \cdot n \right\}^x;$$

$$F_4 = \left\{ \left[(B - c) \cdot 10^3 \right] \cdot k \cdot n \right\}^x$$

де $B = k \cdot n \cdot (10 \cdot [p] \cdot A / K_e)^{x_A} / 10^3$; $C = \delta(t) \sqrt{n} / 3$; $x = 1/x_A$;

тут k – коефіцієнт пропорційності; n – кількість кроків у відрізку ланцюга, який піддається розтягу; $\delta(t)$ – поле допуску на контактний крок ланцюга і x_Δ – показник степеня, який показує вплив сили розтягу на величину деформації відрізка $\Delta = k \cdot n \cdot F^{x_\Delta} / 10^3$.

Отримана залежність для визначення K_m : $K_m = 4 - (3F_1 + F_2 - F_3 - 3F_4) / \sum_{i=1}^4 F_i$, а несучу здатність шарнірів такої передачі рекомендовано подавати загальним зусиллям $F_n = [p] \cdot A \cdot K_m / K_e$.

За запропонованою методикою для паралельно-рядної передачі оснащеної ланцюгами з кроком 25,4 мм (ДСТУ ГОСТ 13568: 206 (ISO 608-94) здійснено апробацію запропонованої методики і визначено $K_m = 3,02$. Така передача може передати потужність, що складає 75,5% від потужності, яка б могла передаватись 4-ри контурною передачею з однаковими довжинами робочих віток.

Висновок. Запропонований метод розрахунку несучої здатності шарнірів паралельно-рядних ланцюгових передач враховує стохастичність контактних кроків і довжин робочих віток та жорсткість приводних ланцюгів (ПР) і дозволяє підібрати відповідні типорозміри ПР, що сприятиме підвищенню надійності таких передач.

ЛІТЕРАТУРА

1. Воробьев Н.В. Цепные передачи / Н.В. Воробьев. – М. : Машиностроение, 1968. – 258 с.
2. Кривый П.Д. Работоспособность приводных роликовых и втулочных цепей с ориентированными втулками: автореф. дисс. на соиск. научной степени канд. техн. наук: спец. 05.02.02. "Машиноведение и детали машин" / П.Д. Кривый. – Львов, 1990. – 18с.
3. Раскин Р.М. Цепные передачи буровых установок [Текст] / Р. М. Раскин, В. С. Кронгауз, Ю. Б. Кин. - Москва : Недра, 1972. - 168 с.
4. Шпак П. Нафта і газ із карбонатних резервів / П. Шпак, О. Лунін // Вісник національної академії наук України. – 1994. – №7-8. – с. 44-48.

СИСТЕМА СТАБИЛИЗАЦИИ СУДОВ ТИПА HEAVY-LIFT

Малахов А.В., Палагин А.Н.

Национальный университет «Одесская морская академия» (Украина)

Суда типа HEAVY-LIFT используются для перевозки нестандартных крупногабаритных грузов (нефтедобывающих платформ, кранов и т.п.). При проведении погрузочно-разгрузочных работ эти суда до уровня надстройки погружаются под воду, а затем всплывают. В зависимости от систем затопления судна их подразделяют на два класса. Первый класс работает на погружение и всплытие при помощи балластных насосов, а второй класс использует систему компрессоров сжатого воздуха для выдавливания воды из танков в случае всплытия судна. При погружении судна компрессора создают разрежение обеспечивающее поступление морской воды в балластные танки.

Специфической особенностью конструктивного исполнения судов типа HEAVY-LIFT является то, что они погружаются при заполнении балластных танков, под воду на глубину до 22 метров. Поскольку основная масса таких судов сконцентрирована на корме то для устойчивости судна в процессе погружения корма погружается раньше чем нос судна. В противном случае возможен оверкиль, т.е. переворот судна. На устойчивость судна большое значение также оказывает его балластировка – скорость заполнения танков забортной водой. В этом случае возможно возникновение неуправляемых аварийных ситуаций, когда в результате волнения четко очерченный объем сжатого воздуха в верхней части танка за счет морского волнения начнет совершать колебательные движения. При объеме танка в 2500 м³ объем воздушной пробки может достигать до 20 % и составлять 500 м³. Амплитуда и направление движения этого воздушного объема не зависят от ветровой нагрузки или волнения морской поверхности и в случае входа с ними в резонанс судно может потерять устойчивость и перевернуться.

С целью научно-технического решения задачи повышения уровня безопасности и эксплуатационных характеристик типа HEAVY-LIFT было предложено использовать процесс разделения цельного воздушного пузыря в пространстве трюма на ряд мелких и снижения инерционности заполнения водой танков судна. С технической точки зрения процесс дробления воздушной пробки основан на автоматизированном управлении системой клапанов, регулирующих подачу под высоким давлением водяных струй. Подача струй должна осуществляться в тех локально выделенных участках верхней части трюма, где в текущий момент заполнения танка находится основная часть воздушной пробки.

В ходе анализа конструктивных схем расположения судовых балластных трюмов и технологии затопления судна была разработана методика дробления водяных пробок в направлении от центральных танков судна в сторону его носовой части. Переход к каждому последующему танку должен осуществляться при достижении судном крена в $1 - 1,5^{\circ}$. При выравнивании судна должно начинаться заполнение соответствующих бортовых танков с удерживанием дифферента судна на уровне не менее трех метров.

Основные технологические процессы разработанной системы стабилизации судов типа HEAVY-LIFT подразумевают, что:

- при движении между поверхностью балластной воды и верхней стенкой судового танка большая воздушная пробка должна быть устранена путем разбивки на ряд мелких, а объем воды, движущийся за ней по инерции, должен быть остановлен или перенаправлен при помощи создаваемого струями противодействия и большого гидравлического сопротивления возникающих мелких воздушных пузырьков;

- разделение одной, постоянно движущейся большой воздушной пробки на набор мелких пузырьков на поверхности воды приводит к более интенсивному отбору воздуха за счет резкого возрастания вероятности его попадания в отверстия воздушных выпускных клапанов.

Достоинством разработанной системы является повышение надежности эксплуатации судов типа HEAVY-LIFT за счет устранения последствий нежелательных колебаний уровня воды в танках. За счет автоматически управляемой системы подачи сжатого воздуха возможно повысить стабильность хода судна. В этом случае должна быть использована регуляторная характеристика компрессионной установки, которая подразумевает автоматическое изменение давления воздушной прослойки в тех танках, где наблюдаются интенсивное зарождение колебаний уровня балластной воды.

Выводы.

1. При сильном крене судна негативное влияние воздушных пробок в балластных танках при погружении под воду судов типа HEAVY-LIFT может быть устранено за счет использования системы подачи воздушных струй высокого давления.

2. Использование системы противодействия при перемещении балластной воды в танке повышает надежность эксплуатации судов типа HEAVY-LIFT.

ЛИТЕРАТУРА

1. Malahov A., Gudilko R., Palagin A., Maslov I. Efficiency improvement of ships operation by water-fuel emulsion using. *East-European Journal Of Enterprise Technologies*. Vol. 3/8 (81) 2016. P. 48-54.

2. Бендеберя Ф.А. Конструктивные особенности судовой системы, использующей импульсные скачки давления / Ф. А. Бендеберя, А. В. Малахов, М. А. Колегаев, И. З. Маслов, С. В. Зуев // Судовые энергетические установки: научно технический сборник. Вып. 30. – Одесса: ОНМА, 2012. – с. 28–38.

3. Тернер Дж. Эффекты плавучести в жидкостях. - М.: Мир. 1977. – 432с.

4. Черкесов Л.В. Поверхностные и внутренние волны. - Киев: Наукова думка. 1973. – 248 с.

СИСТЕМА РЕЦИРКУЛЯЦИИ УХОДЯЩИХ ГАЗОВ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТРЕБОВАНИЙ ІМО ПО ВЫБРОСАМ NO_x

Матвеев В.В.

Херсонская государственная морская академия (Украина)

Компания MAN Diesel&Turbo представила первый в мире двухтактный двигатель, сертифицированный ІМО, а судостроительное предприятие Hyundai's ShipBuilding Division (HNI-SBD) завершило постройку двух танкеров (водоизмещением 158000 м³) типа Suezmax, для турецкого судовладельца Ditas Shipping. Каждый из этих танкеров оснащен главным двухтактным двигателем MAN B&W 6G70ME-C9.5 (рис. 1) с интегрированной системой рециркуляции уходящих газов (Exhaust Gas Recirculation –EGR). Несмотря на то, что уже есть в эксплуатации суда с системами EGR соответствующие Tier III требований ІМО по выбросам NO_x, эти два судна являются первыми, построенными с 01.01.2016 г. и сертифицированными в соответствии с требованиями NECAS и USA Caribbean Sea NECA.



Рисунок 1. Жёлтым цветом показана система

EGR – технология, основанная на рециркуляции части уходящих газов дизеля назад к цилиндрам. Компанией MAN Diesel&Turbo впервые установила систему EGR для двухтактного судового дизеля контейнеровоза в 2010. Принцип работы системы EGR заключается в следующем: часть уходящих газов нагнетается электровентилятором и проходит через газоомыватель, охладитель и влагоотделитель. Вентилятор повышает давление уходящих газов и подаёт его по специальному трубопроводу в воздухонагнетатель перед охладителем наддувочного воздуха главного двигателя. В газоомывателе уходящие газы промываются водой, которая постепенно становится кислотной, в

зависимости от содержания серы в топливе и от реакции составляющих уходящих газов с водой. Для нейтрализации кислотности воды в газоомывателе в воду добавляют NaOH гидроксид натрия. Кроме того, в газоомывателе с помощью воды, улавливаются продукты механического недожога – твердые частицы сажи, которые могут попасть в атмосферу. Продукты механического недожога нейтрализуются с помощью специальных присадок, вводимых в воду через систему водоподготовки –Water Treatment System (WTS), после чего они накапливаются в специальной сборной цистерне. WTS рассчитана для очистки воды в газоомывателе до такой степени, чтобы содержимое сборной цистерны можно было сбрасывать за борт. Полностью автоматизированная система управления предусматривает простоту эксплуатации и плавное регулирование при изменении нагрузки двигателя. Следует также отметить преимущества дизелей MAN Diesel&Turbo серии G. Это, в первую очередь, возможность применения гребных винтов для танкеров и сухогрузов с большим диаметром и меньшей частотой вращения, что позволяет сократить выбросы CO₂ и уменьшить расход топлива на 4...7 %. Одновременно, сам двигатель обладает лучшей тепловой эффективностью по сравнению с предыдущими моделями.

КЕРУВАННЯ ВАНТАЖНИМИ ОПЕРАЦІЯМИ LNG СУДНА

Наговський Д.А., Дощенко Г.Г.

Херсонська державна морська академія (Україна)

Вступ. Впродовж останніх років морські перевезення небезпечних вантажів наливом різко зросли і були створені спеціалізовані судна для їх перевезення. Танкери-газовози є найбільш складними спорудами в силу того, що транспортуємий ними вантаж становить загрозу з точки зору безпеки мореплавання і захисту морського середовища, незрівнянну з тією небезпекою, яку представляє сира нафта, що робить газозов ще більш «небезпечним» судном.

Актуальність досліджень. Часто, тиск в танках LNG вищий за тиск берегових сховищ, для подальшого завантаження сировини застосовують додаткові, брустерні насоси. Вони можуть бути встановлені на палубах деяких суден, обладнаних повністю зануреними насосами. [1,2].

Перераховані вище види насосів відносяться до типу центробіжних. Необхідно відзначити, що на всмоктуючій стороні насоса завжди повинно бути забезпечено тиск всмоктування, щоб насос постійно був заповнений рідиною – на випадок, якщо відсутній тиск парів. Тому на всмоктуючій стороні насоса слід підтримувати робочий тиск, величина якого більше суми тиску всмоктування і тиску парів. Це необхідно для захисту насосу від такого негативного явища як кавітація. Природньо, що зі збільшенням витрати ростуть і величина тиску всмоктування насосу. Безпечна робота насосів при вантажних операціях з урахуванням навантаження та збурюючі фактори в судновій електроенергетичній системі має важливе значення. Зважаючи на вищесказане, дослідження проблем цього напрямку є актуальними.

Постановка задачі. Зменшити навантаження на суднову електроенергетичну систему LNGсудна при вантажних операціях за допомоги додаткових засобів.

Результати досліджень.

Для забезпечення безпечних вантажних LNG-операції контролюється ряд параметрів, а саме: температура вантажу, тиск вантажу, рівень заповнення танків. В проведеній роботі також проводились дослідження навантажень на суднову електроенергетичну систему при використанні додаткового вантажного електрообладнання. За результатами, отриманих в ході досліджень, рекомендовано додавати в інтегровану систему контролю вантажу LNG-суден (IAS) давачі потоку, тиску та густини сировини для додаткових вантажних засобів, оскільки для запобігання різких змін тиску в танку необхідно контролювати потік насоса. Необхідну величину напору визначають за наступним виразом[2]:

$$f = \frac{(P_p - P_s)K}{\rho}, \quad (1)$$

де f – потік насоса,

P_p – тиск нагнітання,

K – постійний коефіцієнт,

ρ – густина сировини.

Щодо забезпечення електрозахисту устаткування при запуску додаткового вантажного агрегату необхідно спостерігати за показниками струму та розвантажувальним тиском. Впродовж 3-х секунд струм ротору повинен стабілізуватись, до того він може перевищувати норму більш, ніж на 50%. В іншому випадку IAS повинна негайно зупинити насос і визначити причину високого струму(це може бути блокада ротору та ін.).

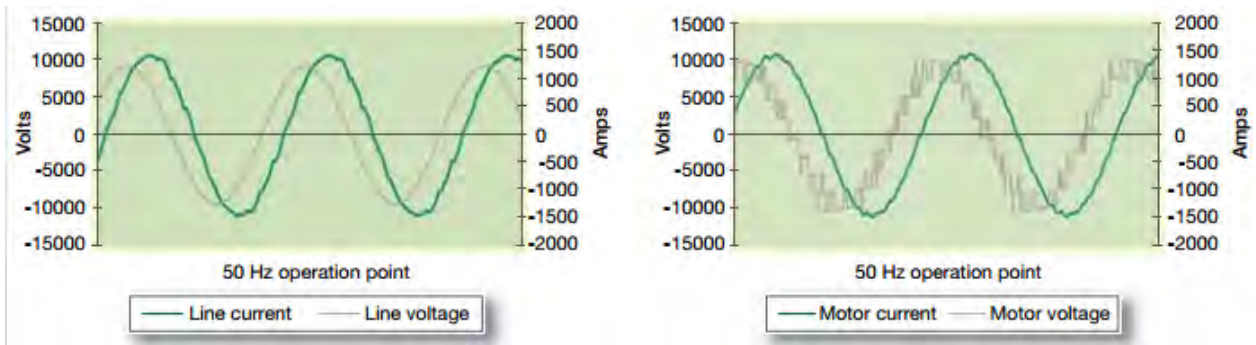


Рисунок 1. Напряга до та після перетворювача АВВ АСS-5000

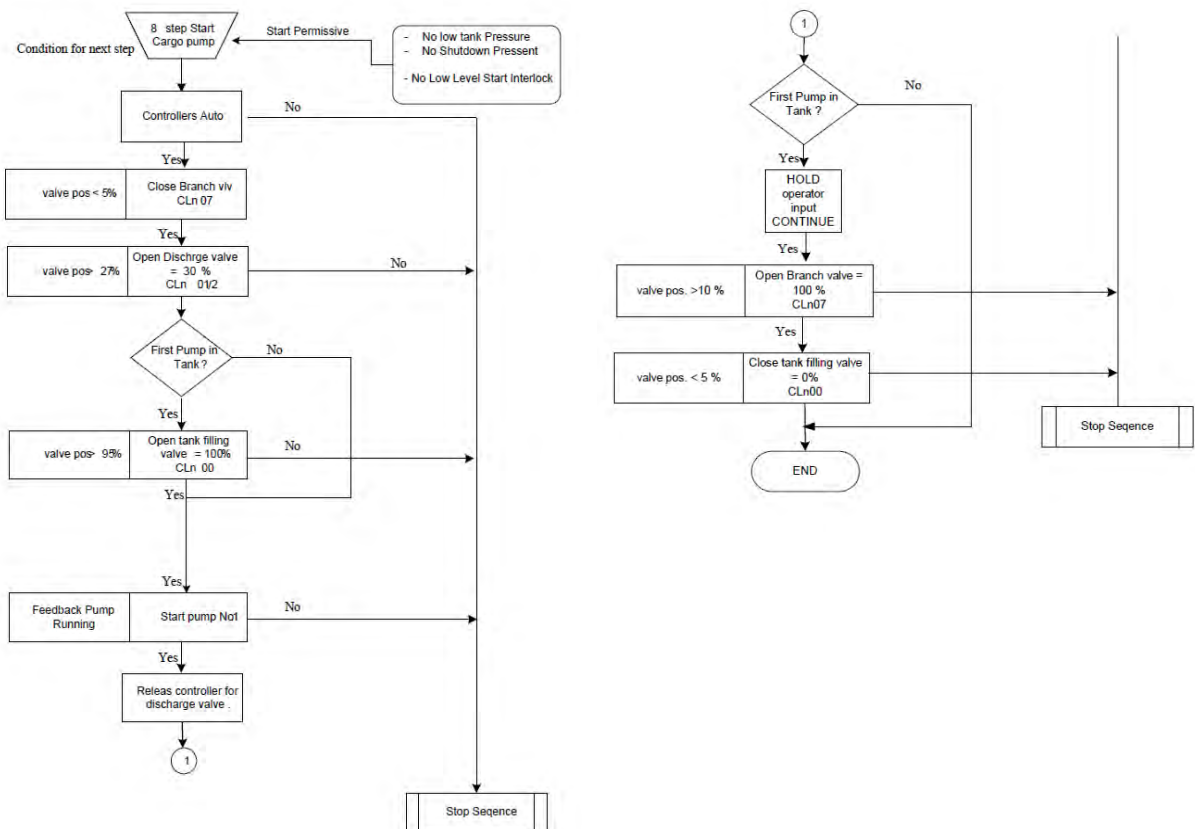


Рисунок 2. Алгоритм пуску насосів при використанні системи контролю вантажу газозова

Висновки. Для зменшення навантажень на суднову систему електроживлення та підтримання заданої якості електроенергії доцільно вдосконалити алгоритм роботи вантажних насосів (рис.2), а також застосовувати перетворювальну техніку (рис.1). Останнє дозволить підвищити рамки керуваності вантажними агрегатами.

ЛІТЕРАТУРА

1. Баскаков С.П. Перевозка сжиженных газов морем. Уч. пособие. – СПб.: Судостроение, 2001. – 272с.
2. Петухов В.А. Безопасность и эксплуатация газозовов. Учебно-справочное пособие (издательский проект «Академия», серия «Библиотечка судового механика», вып. 12). – СПб.: Эл-мор, 1999. – 128 с.

СТРУКТУРНА ДОСКОНАЛІСТЬ ВІДЦЕНТРОВИХ ФРИКЦІЙНИХ МУФТ СЕПАРАТОРІВ WESTFALIA

Проценко В.О.

Херсонська державна морська академія (Україна)

Сепаратори фірми «WESTFALIA» усіх моделей зайняли одне з чільних місць за поширеністю на судах транспортного флоту. Це пояснюється їх достатньо високою безвідмовністю за прийнятною вартості. Серед елементів сепаратора, на який припадає найбільша кількість відмов, традиційно називають відцентрову фрикційну муфту, що сполучає електродвигун з передачею. Конструкція цієї муфти зрозуміла з рис. 1.



Рисунок 1. Загальний вид фрикційної муфти (фрикційні колодки демонтовані)

Професором Л.М. Решетовим [1] було встановлено, а практикою конструювання та експлуатації машин переконливо доведено, що найбільш досконалими є механізми, деталі яких мають можливість самоустановки, цьому є достатньо загальновідомих прикладів. Якщо повернутись до муфти сепараторів WESTFALIA, то вона, незважаючи на дуже вдалу конструкцію, має ряд недоліків, пов'язаних з нерівномірним зносом фрикційних колодок.

Причину цих недоліків будемо шукати, досліджуючи структуру механізму муфти, та обчислюючи кількість надлишкових зв'язків. Муфта сепаратора працює у двох режимах – пусковому, коли рухається ведуча напівмуфта (хрестовина) та колодки, а ведена чашоподібна напівмуфта залишається нерухомою, та усталеному, коли обертаються обидві напівмуфти разом з колодками. Визначимо кількість надлишкових зв'язків у кожному елементарному механізмі «хрестовина-колодка-внутрішня напівмуфта» на кожному етапі роботи муфти.

Під час пуску приводу кількість рухомих ланок становить $n = 2$ (хрестовина і кулачок), кількість кінематичних пар п'ятого класу становить $P_5 = 1$, кількість кінематичних пар четвертого класу $P_4 = 1$, кількість кінематичних пар третього класу $P_3 = 1$.

Загальна кількість кінематичних пар:

$$P = P_5 + P_4 + P_3 = 1 + 1 + 1 = 3. \quad (1)$$

Сума рухомостей кінематичних пар:

$$f = 1P_5 + 2P_4 + 3P_3 = 1 \times 1 + 2 \times 1 + 3 \times 1 = 6. \quad (2)$$

Кількість незалежних замкнених контурів механізму за формулою Гохмана:

$$k = P - n = 3 - 2 = 1. \quad (3)$$

Ступінь рухомості механізму за формулою Войня і Атанасіу [2]:

$$W = N - \sum r_i = 6 - 5 = 1, \quad (4)$$

де $N = 6$ – кількість однорухомих кінематичних пар (в даному випадку дорівнює сумі рухомостей).

$r = 6$ – ранг осей незалежного контура.

Кількість надлишкових зв'язків механізму муфти в період пуску за формулою Сомова-Малишева [3]:

$$q_{\text{Ні}} = W + 5P_5 + 4P_4 + 3P_3 + 2P_2 + P_1 - 6n = 1 + 5 \times 1 + 4 \times 1 + 3 \times 1 + 2 \times 0 + 0 - 6 \times 2 = 1. \quad (5)$$

Кількість надлишкових зв'язків механізму за формулою Озола [3]:

$$q_{i\zeta} = W + 6k - f = 1 + 6 \times 1 - 6 = 1. \quad (6)$$

Під час усталеного руху кількість рухомих ланок збільшується до $n = 3$, кількість кінематичних пар п'ятого класу становить $P_5 = 2$, кількість кінематичних пар четвертого класу $P_4 = 1$, кількість кінематичних пар третього класу $P_3 = 1$.

Загальна кількість кінематичних пар:

$$P = P_5 + P_4 + P_3 = 2 + 1 + 1 = 4.$$

Сума рухомостей кінематичних пар:

$$f = 1P_5 + 2P_4 + 3P_3 = 1 \times 2 + 2 \times 1 + 3 \times 1 = 7.$$

Кількість незалежних замкнених контурів механізму за формулою Гохмана:

$$k = P - n = 4 - 3 = 1.$$

Ступінь рухомості механізму за формулою Войня і Атанасіу [2]:

$$W = N - \sum r_i = 7 - 5 = 2,$$

де $N = 7$ – кількість однорухомих кінематичних пар.

$r = 6$ – ранг осей незалежного контура.

Кількість надлишкових зв'язків механізму муфти в період усталеного руху за формулою Сомова-Малишева:

$$q_{\text{Ні}} = W + 5P_5 + 4P_4 + 3P_3 + 2P_2 + P_1 - 6n = 2 + 5 \times 2 + 4 \times 1 + 3 \times 1 + 2 \times 0 + 0 - 6 \times 3 = 1$$

Кількість надлишкових зв'язків механізму за формулою Озола:

$$q_{i\zeta} = W + 6k - f = 2 + 6 \times 1 - 7 = 1. \quad (6)$$

Таким чином, у всіх режимах роботи муфти кожен елементарний її механізм не позбавлений одного надлишкового зв'язку, наявність якого і спричиняє нерівномірний знос колодок від наявності кутової неспіввісності між напівмуфтами. Виявлений недолік структури механізму муфти може бути ліквідований додаванням однієї додаткової рухомості, що потребує удосконалення структурної схеми, а відтак і конструкції муфти.

ЛІТЕРАТУРА

1. Решетов Л.Н. Самоустанавливающиеся механизмы. – М.: Машиностроение, 1991. – 288 с.
2. Прикладная механика / Г.Б. Иосилевич, П.А. Лебедев, В.С. Стреляев. – М.: Машиностроение, 1985. – 576 с.
3. Озол О.Г. Теория механизмов и машин. – М.: Наука, 1984. – 432 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК ПРИ СОЗДАНИИ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ

Стрелковская Л.А.

Херсонская государственная морская академия (Украина)

В процессе создания экспертной системы для оценки текущего состояния судового двигателя внутреннего сгорания одним из основополагающих вопросов является выбор из множества параметров тех, которые являются наиболее информативными для проведения такой оценки. Одним из подходов к выбору таких параметров является использование метода экспертных бальных оценок.

В соответствии с рекомендациями, представленными в работе [1] проведение подобного исследования было разделено на следующие этапы:

Первый этап. Разработка условий получения экспертных оценок. Для проведения данного этапа были разработаны опросные листы, которые представляют собой таблицы с параметрами, характеризующими работу СДВС. В качестве объектов исследования были взяты три вида двигателей одной мощностной группы, разных производителей: W L32C, MaK M32, MAN L32/40.

При проведении подобного рода исследования важную роль для получения точного результата является процедура формирования группы экспертов, а именно обоснование количественного и качественного состава.

Оптимальными считаются группы в которых количество экспертов лежит в диапазоне от 5 до 15 человек [2]. Поэтому было принято решение создать группу из 6 экспертов.

При создании экспертной группы также стояла цель выбрать кандидатов из двух условных категорий:

- люди, имеющие непосредственный практический опыт в работе с судовыми двигателями внутреннего сгорания, которые работают (работали) на судах в должности механика.

- люди, имеющие большой теоретический опыт в данной области.

Кроме этого, эксперты должны обладать следующими личными качествами:

- стремление к профессиональному росту и постоянному повышению квалификации как в своей области, так и в смежных областях;

- способность оперативно оценивать ситуацию и принимать эффективные решения;

- способность своевременно реализовывать принятые решения;

- дисциплинированность и организованность.

Второй этап. Получение исходной информации. На основе разработанных на первом этапе критериев в качестве экспертов были привлечены:

- два доктора технических наук, профессора по специальности 05.08.05 «Судовые энергетические установки и их элементы»;

- доктор технических наук, профессор по специальности 05.08.03 «Тепловые двигатели»;

- судовые механики всех уровней квалификации.

Третий этап. Получены экспертные оценок, путем обработки полученных индивидуальных суждений и получение групповой оценки.

Четвертый этап. Практическое использование полученных результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Молодцов Н.С. Восстановление изношенных деталей судовых механизмов [Текст] / Н.С. Молодцов. - М. Транспорт, 1988. – 182с.

2. Бешелев С.Д. Математико-статистические методы экспертных оценок. – 2-е изд., перераб. и доп. [Текст] / С.Д. Бешелев, Ф.Г. Гурвич. - М.: Статистика, 1980. – 236с.

АВТОМАТИЗАЦІЯ СИСТЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ ЧАСТОТНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ЕЛЕКТРОРУШІЙНОЇ УСТАНОВКИ СУДНА

Тимофеев К.В., Сидорук М.В.

Херсонська державна морська академія (Україна)

Вступ. Основні переваги електричного приводу - можливість швидко і плавно змінювати частоту і напрямок обертання рушія (що покращує маневреність), низький рівень шуму і вібрації, компактне розміщення. Крім того, на дизель-електроходах дизельний двигун працює в кращих умовах, ніж на теплоході з прямим приводом, що знижує витрату палива і збільшує термін служби дизельного двигуна. Одним з недоліків електроходів є порівняльна складність силової установки та великі втрати при подвійному перетворенні енергії (до 15%). Але для деяких типів суден дизель-електрична схема широко застосовується. Це судна де є необхідність у виробленні великої кількості електроенергії для внутрішніх потреб, з частою зміною режимів навантаження гребної установки.

Актуальність досліджень. Одним з типів суден, де застосовуються електрорушії, є LNG танкери з рефрижераторними установками. Прикладом такого газозову LNG є «Ribera Del Duero Knutsen» дедвейтом 131566,2 т та загальним об'ємом танків 171065,3м³. Пропульсивна установка включає два комплекти, що складаються з головного асинхронного електродвигуна потужністю 13,6 МВт, редуктора, і валопроводу. Кожен головний електродвигун працює від частотного перетворювача типу MV7316, що отримує живлення від ГРЩ 6,6 кВ, 60 Гц [1]. Частотні перетворювачі великої потужності повинні мати надійну систему охолодження.

Постановка задачі. Типова схема потоків системи охолодження [2] показана на рисунку 1.

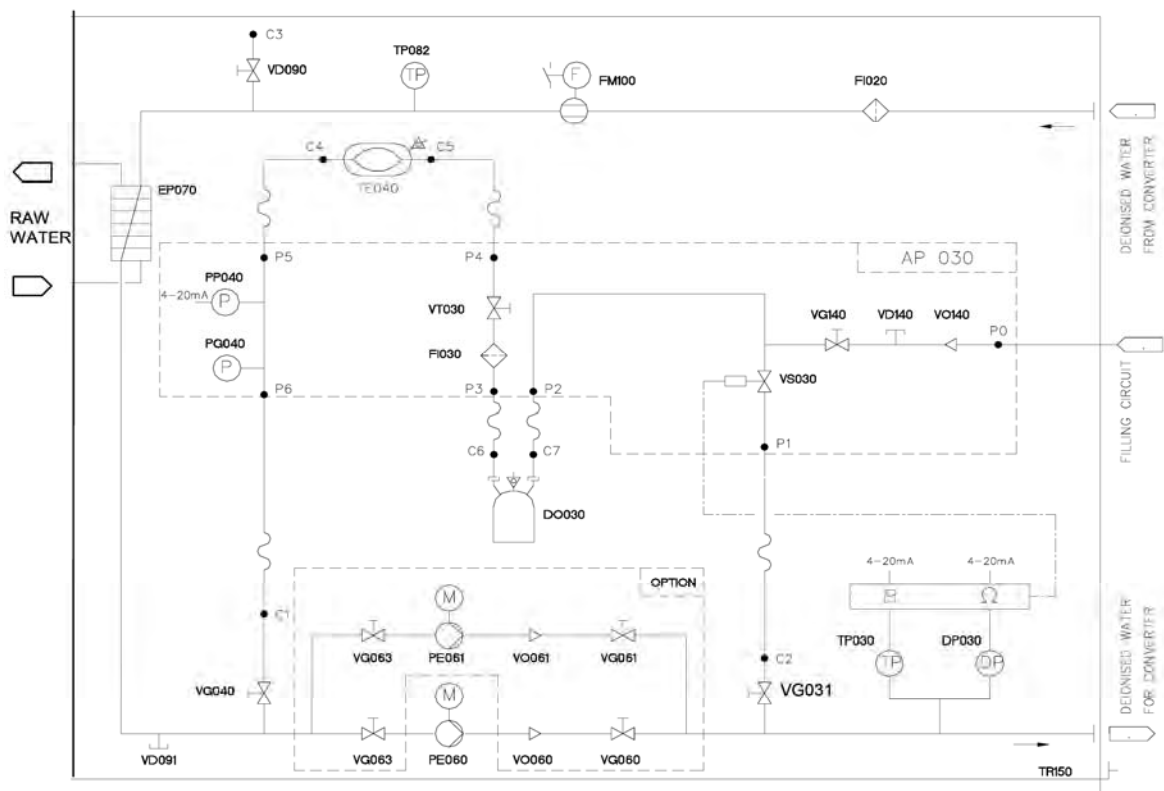


Рисунок 1. Типова схема потоків системи охолодження

Головний контур охолодження деіонізованою водою складається з теплообмінника (контри деіонізованої та неочищеної води), фільтра та насоса. Циркуляція води може бути виконана за допомогою одного насоса або двома насосами в надмірності (опція).

Локальні підсистеми керування охолодженням мають недолік, який виявлено під час експлуатації на судні. Виникають ситуації, коли кількість деіонізованої води суттєво зменшується. Це приводить до зменшення тиску у системі охолодження, формування сигналів тривоги, перегріву силових елементів перетворювача та аварійній зупинці приводу, що недопустимо. Автоматика керування не передбачає поповнення контуру системи охолодження деіонізованою водою без зупинки перетворювача і, відповідно, головного електродвигуна.

Пропонується доповнити систему охолодження контуром керування, який при зменшенні тиску (та підвищенні температури води) до критичного значення, вмикає додатковий насос для підкачки деіонізованої води в контур охолодження з додаткового баку та видає відповідні цьому режиму попереджуючі сигнали.

Результати досліджень. Розраховано систему автоматичного регулювання тиску води в контурі охолодження теплообмінника (рисунок 2). Проведено аналіз системи керування, синтез лінійної системи автоматичного керування, динамічний аналіз скоригованої системи [3].

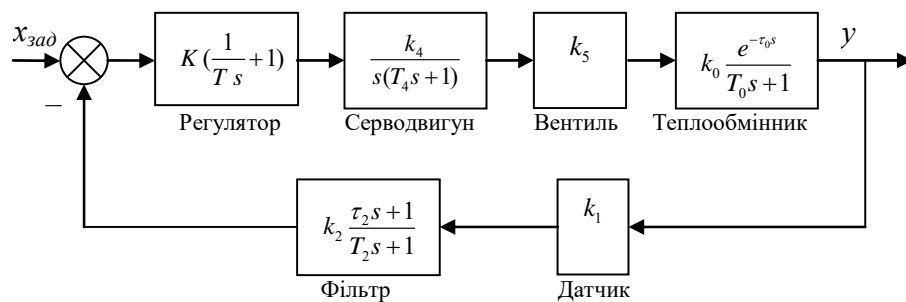


Рисунок 2. Структурна схема системи автоматичного регулювання тиску води з урахуванням передаточних функцій

Для реалізації такого додаткового контуру керування необхідні датчики тиску, температури, мікроконтролер та насос в якості виконавчого механізму.

Мікроконтролер повинен отримувати інформацію від датчиків тиску та температури, обробляти її відповідно закладеним алгоритмам, формувати сигнали керування на виконавчий механізм (насос).

Враховуючи, що на судні чотири частотних перетворювача з локальними системами охолодження, для реалізації додаткових контурів на кожен, необхідно встановити: чотири датчика тиску та температури (наприклад, комбінований перетворювач тиску і температури типу TPS); чотири насоса (аналогічні встановленому основному насосу); один мікроконтролер типу SIEMENS SIMATIC S7-300.

Висновки. Пропонується автоматизація системи охолодження частотних перетворювачів рушійних електродвигунів гребної установки LNG танкера «Ribera Del Duero Knutsen» за рахунок введення додаткового контуру керування по тиску та температурі дистильованої (деіонізованої) води.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ribera Del Duero Knutsen. Machinery Operating Manual. IMO No. 9477593 / Final Draft (2010). -334p.
2. MV7000 medium voltage drive range. User manual. Section 1-6. 2007. -54 p.
3. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического управления / В.А. Бесекерский, Е.П. Попов. –Изд. 4-е, перераб. и доп. –СПб, Изд-во «Профессия», 2003. -752 с.

ВПЛИВ ДОБАВОК СИНТЕЗ-ГАЗУ ДО БЕНЗИНУ НА ПРОЦЕС ЗГОРЯННЯ ДВЗ 2Ч 7,2/6

Ткач М.Р., Тимошевський Б.Г., Познанський А.С., Митрофанов О.С., Проскурін А.Ю.
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, Україна

Одним з перспективних видів палива для ДВЗ є синтез-газ [1-2]. Істотним недоліком, який стримує широке використання синтез-газу в якості самостійного палива для ДВЗ, є знижена питома теплота згоряння синтез-газу в порівнянні з традиційними паливами (25...30 МДж/кг), що призводить до зниження потужності двигуна. Одним з можливих шляхів вирішення проблеми, пов'язаної з втратою потужності при роботі ДВЗ на синтез-газі є використання синтез-газу в якості добавки до основного палива.

Процес сумішоутворення і згоряння бензину з добавками синтез-газу в циліндрі двигуна 2Ч 7,2/6 вимагає теоретичного і експериментального дослідження для визначення раціональних параметрів робочого циклу.

Дослідження робочого процесу були проведені на експериментальній установці з двигуном 2Ч 7,2/6 [3]. Використовуваний для роботи двигуна синтез-газ був отриманий шляхом термохімічної парової конверсії біоетанолу. Склад синтез-газу визначався хімічним аналізом за допомогою хроматографа NeoCHROM Class B, який проходив попередню перевірку за допомогою зразкових сумішей по ТУ-6-16-2956-87. Основними компонентами синтез-газу є H_2 (43%), CO (34%) і CH_4 (23%). Розрахункова питома теплота згоряння синтез-газу склала 28,79 МДж/кг, а щільність - 0,63 кг / м³.

Експеримент проведено при добавках синтез-газу до бензину 25...64% по масі. Експериментальні індикаторні діаграми при роботі двигуна 2Ч 7,2/6 по навантажувальній характеристиці з добавками синтез-газу до бензину представлені на рис. 1. Потужність двигуна при цьому становила 3 кВт, частота обертання колінчастого вала - 3000 об/хв. При добавках синтез-газу до бензину коефіцієнт надлишку повітря α лежав в межах 1,1...1,22.

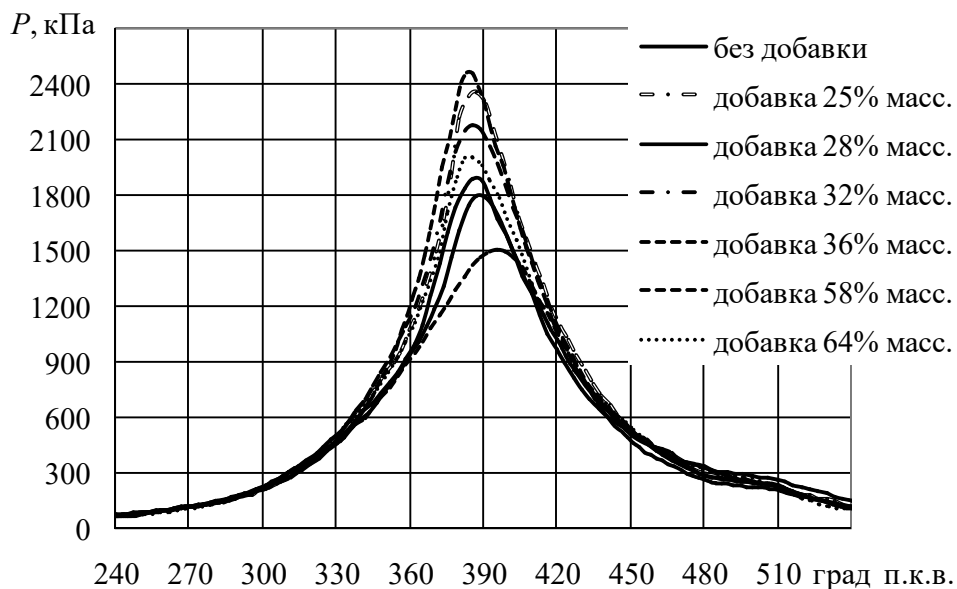


Рисунок 1. Індикаторна діаграма двигуна 2Ч 7,2/6 при різних добавках синтез-газу до бензину

Для вирішення поставленого завдання методом математичного моделювання, за основу була взята модель робочого циклу, розроблена на кафедрі ДВЗ Національного університету кораблебудування. Основою для розрахунку служить рівняння першого закону термодинаміки для відкритої системи, представлені в диференціальній формі:

$$dQ \pm \sum_1^n i_j dM_j = d(Mu) + pdV, \quad (1)$$

де dQ – елементарна кількість тепла, підведеного до робочого тіла; $\sum i_j dM_j$ – потік ентропії, внесеної (+) або винесеної (-) з елементарними масами dM_j по відношенню до об'єму V ; M – маса робочого тіла в циліндрі; u – внутрішня енергія робочого тіла; p – тиск в циліндрі.

Для опису процесу згоряння використовується напівемпіричної рівняння І.І. Вібе [4]:

$$x = 1 - \exp\left[\ln(1 - x_z) \left(\frac{t}{t_z}\right)^{m+1}\right], \quad (2)$$

где x_z – коефіцієнт тепловиділення в момент завершення процесу згоряння; t/t_z – відносний час з моменту початку згоряння, рівне безрозмірного куту повороту колінчастого вала двигуна φ/φ_z при постійній кутовій швидкості; t_z – загальна тривалість згоряння; m – емпіричний коефіцієнт характеру згоряння.

Дане рівняння досить адекватно працює для двигунів, що використовують звичайне паливо, оскільки містить в собі значну кількість оброблених експериментальних даних різних двигунів. Однак застосування його для розрахунку двигунів, що працюють на воденьмістких газах, призводить до значних відхилень між розрахунковими і експериментальними даними. У зв'язку з цим було поставлено завдання уточнити показники рівняння тепловиділення при роботі двигуна з добавками синтез-газу.

На основі аналізу і обробки експериментальних індикаторних діаграм двигуна 2Ч 7,2/6, що працює на бензині з добавками синтез-газу, запропоновано для знаходження змінного значення m використовувати рівняння прямої:

$$m_i = a \cdot \varphi_i \cdot \frac{\varphi_z'}{\varphi_z} + b, \quad (3)$$

$$a = -0,1681 \cdot C_{CG}^3 + 0,284 \cdot C_{CG}^2 - 0,1148 \cdot C_{CG} + 0,0281$$

$$b = 10,317 \cdot C_{CG}^3 - 14,877 \cdot C_{CG}^2 + 5,6164 \cdot C_{CG} + 2,5967$$

де m_i – поточне значення показника згоряння по куті повороту; φ_i – поточне значення кута періоду згоряння; C_{CG} – добавка синтез-газу, %.

Для визначення тривалості згоряння φ_z на основі експериментальних даних для різних значень концентрації водню було запропоновано наступне рівняння:

$$\varphi_z = \varphi_z' + \Delta\varphi \quad (4)$$

$$\varphi_z' = -16,315 \cdot C_{H_2}^2 - 2,239 \cdot C_{H_2} + 68,045$$

$$\Delta\varphi = -46,321 \cdot C_{H_2}^2 + 17,329 \cdot C_{H_2} + 1,234$$

де C_{H_2} – концентрація водню в складі синтез-газу.

Характеристики тепловиділення в безрозмірних координатах, а саме частка вигорілого палива і відносна швидкість згоряння від кута повороту колінчастого вала представлені на рис. 2.

Встановлено, що для двигунів з іскровим запалюванням, які працюють на бензині з добавками синтез-газу, значення показника згоряння m носить змінний характер. Визначено межі зміни показника згоряння, для ДВЗ 2Ч 7,2/6, в залежності від величини добавки синтез-газу до основного палива $m = 2,4...4,53$. Запропоновано залежності для визначення значень m і тривалості згоряння φ_z при коефіцієнті надлишку повітря 1,1...1,22. Залежно від величини добавки синтез-газу тривалість згоряння φ_z лежить в діапазоні 40...66°.

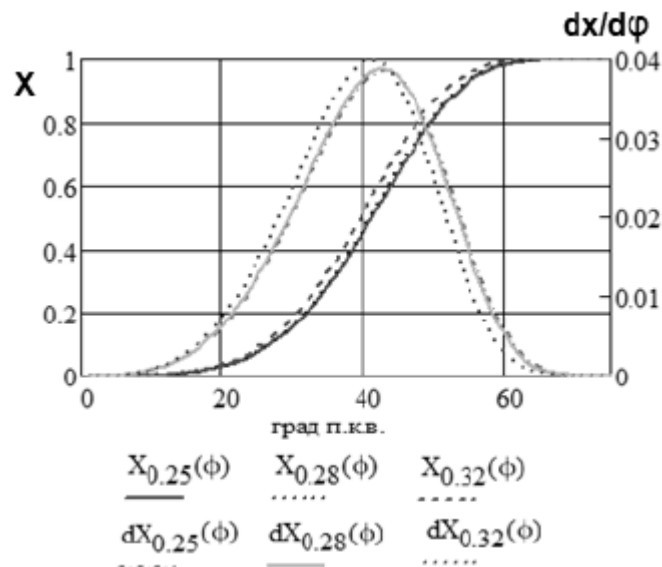


Рисунок 2. Характеристики тепловиділення в залежності від величини добавки синтез-газу до бензину

ЛІТЕРАТУРА

1. Данилов, А. М. Альтернативные топлива: достоинства и недостатки. Проблемы применения [Текст] / А. М. Данилов, Э. Ф. Каминский, В. А. Хавкин // Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И.Менделеева). – 2003. – Т. 47, № 6. – С. 4-11.
2. Шкалова, В. П. Применение нетрадиционных топлив в дизелях [Текст] / В. П. Шкалова. – М. : НИИД, 1986. – 85 с.
3. Експериментальне дослідження параметрів поршневого ДВЗ із системою термохімічної конверсії біоетанолу [Текст] / Б. Г. Тимошевський, М. Р. Ткач, О. С. Митрофанов, А. С. Познанський, А. Ю. Проскурін // Двигатели внутреннего сгорания : Всеукраїнський науково-технічний журнал. – 2011. – № 2. – С. 3–8.
4. Двигатели внутреннего сгорания: Теория поршневых и комбинированных двигателей : учеб. для вузов по специальности «Двигатели внутреннего сгорания» / Д. Н. Вырубов, Н. А. Иващенко, В. И. Ивин [и др.] ; под ред. А. С. Орлина, М. Г. Круглова. – [4-е изд., перераб. и доп.]. – М. : Машиностроение, 1983. – 372 с.

МАСОГАБАРИТНІ ПОКАЗНИКІВ МЕТАЛОГІДРИДНОЇ УСТАНОВКИ БЕЗПЕРЕРВНОЇ ДІЇ, УТИЛІЗУЮЧОЇ ТЕПЛО МАЛООБЕРТОВИХ ДВИГУНІВ

Ткач М.Р., Тімошевський Б.Г., Доценко С.М., Галинкін Ю.М.

Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова (Україна)

Перспективним способом утилізації низькопотенційного тепла є металогідридні установки безперервної дії, робочими тілами яких є водень і гідридна суспензія (металогідридний матеріал, поміщений в інертну до процесів поглинання-виділення водню рідина). Технологічна схема такої установки складається з теплообмінників відведення тепла ВЕР, десорбера, перегрівача водню, розширювальної машини, насоса перекачування суспензії, насосів теплоносіїв гарячого і холодного контурів, адсорбера, регенераційного теплообмінника, регенераційного турбонасосного агрегату [1].

Проведені попередні дослідження показали принципову працездатність таких установок [2, 3], а також дозволили визначити види металогідридних матеріалів, які раціонально застосовувати в якості компонента робочого тіла [1]. Одним з таких матеріалів є $ZrCrFe_{1,2}$. Властивості зазначеного матеріалу наведені в [4].

Встановлено, що застосування матеріалу $ZrCrFe_{1,2}$ як компонент робочого тіла, дозволяє отримати ККД установки 0,02...0,12, більшим значенням відповідає температура десорбції $T_d = 380...460$ К. Регенерація механічної енергії дозволяє підвищити ККД утилізаційної установки на 2 ... 5%, регенерація механічної енергії - на 8...14%. Спільне застосування регенерації теплової та механічної енергії дозволяє досягти ККД установки 21,4%

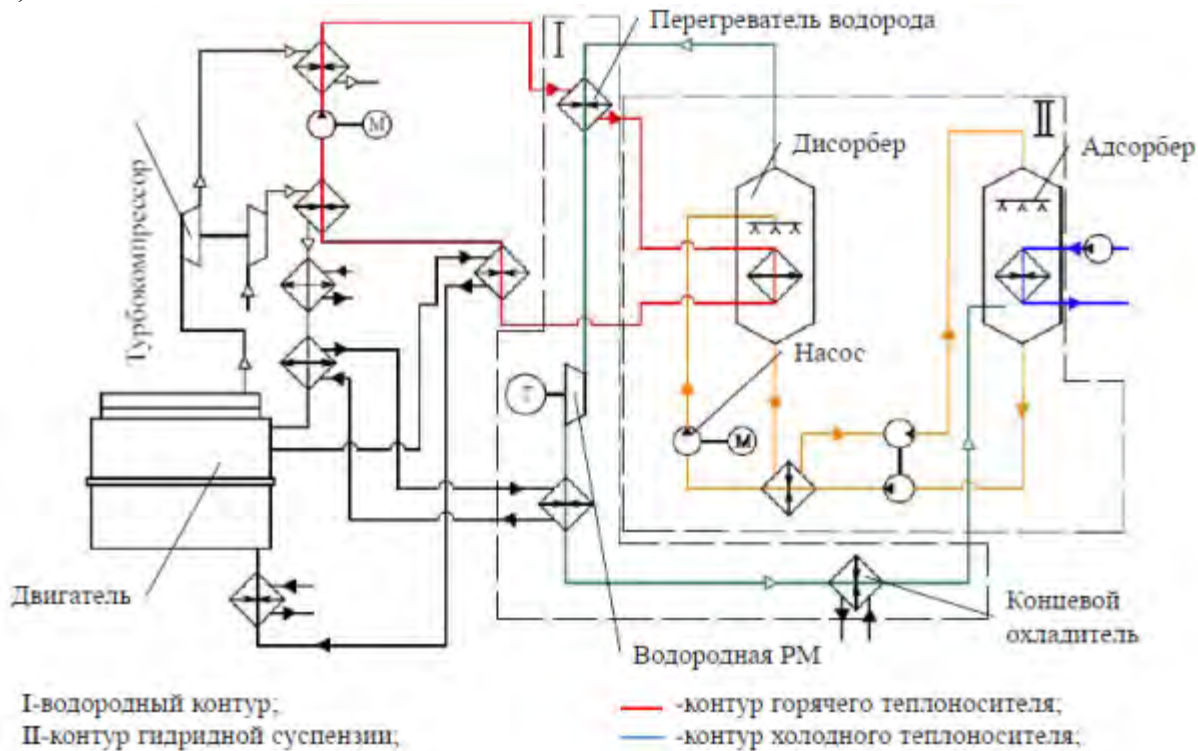


Рисунок 1. Технологічна схема утилізації низькопотенційного тепла малооборотового двигуна металогідридними установками безперервної дії

Очевидно, що більші значення ККД установки отримані при використанні більшого значення об'ємної концентрації металогідридного матеріалу в носії, так як, при рівних умовах, зменшується маса робочого тіла (гідридної суспензії), і як наслідок, витрати енергії на нагрів і перекачування робочого тіла. Діапазон об'ємної концентрації обмежений

значенням 0,3, так як при використанні більших значень різко зростає гідравлічний опір [4], згідно з даними наведеними в [5], рекомендується використовувати значення об'ємної концентрації металогідридного матеріалу в носії не більше 0,017 для забезпечення седиментаційною стійкості.

Проведено визначення масогабаритних показників апаратів установки, що працює спільно з двигуном МАН 12К90МС-S, який використовується в складі стаціонарної електростанції The GMR Vasavi Group, Ченаї, Індія. Співвідношення розмірів апаратів і двигуна показано на рисунку 2. Також, у таблиці 1 показані параметри, що характеризують установку, при яких визначені масогабаритні показники, у таблиці 2 наведені маси апаратів та маса двигуна.

Таблиця 1

Название аппарата	Масса, т
Материал	ZrCrFe _{1,6}
Жидкость-носитель	ПМС-20
Мощность РМ, МВт	4,79
КПД установки	0,229
Температура десорбции, К	450
Расход водорода, кг/с	1,28
Степень регенерации тепловой энергии	0,58

Таблиця 2

Название аппарата	Масса, т
Адсорбер	8,12
Сорбер	8,12
Перегреватель водорода	10,90
Насос	1,95
Двигатель	6,47
Регенерационный теплообменник	1826,00

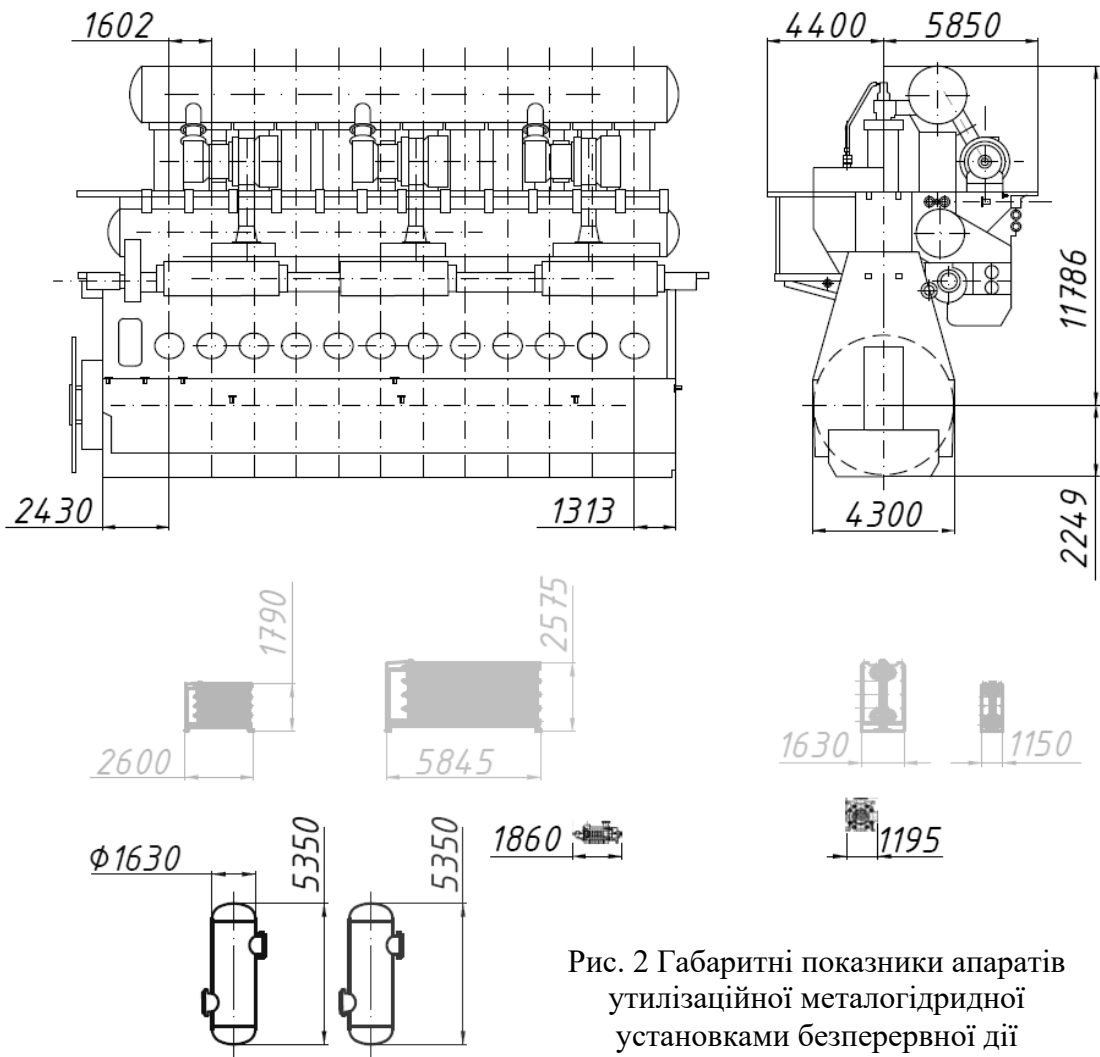


Рис. 2 Габаритні показники апаратів утилізаційної металогідридної установками безперервної дії

Параметри теплообмінників визначені по ГОСТ 15518-87 и ГОСТ 15119-79. Насос OWH 250 фірми Grupa Powen-Wafaromp SA.

Утилізація тепла ВЕР малообертового двигуна 12K90MC-S (54,84 МВт, 104 хв⁻¹) металогідридною утилізаційною установкою безперервної дії забезпечує вироблення додаткової механічної потужності 1,4...5,2 МВт, що складає 2,5 ... 9,6% потужності ДВЗ.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ткач М.Р. Эффективность утилизации низкопотенциального тепла металлогидридными установками непрерывного действия / М. Р. Ткач, Б. Г. Тимошевский, С.М. Доценко, Ю. Н. Галынкин // *Авиационно-космическая техника и технология* – 2014. –№ 9(116). – С. 39–44

2. Reylly, J.J. Kinetics of the absorption of hydrogen by LaNi₅H_x — n-undecane suspensions [Text] / J.J. Reylly, J.R. Johnson // *Journal of the Less-Common metals*, № 104. – 1984. – p.p. 175-190.

3. Ткач, М. Р. Характеристики рабочего тела металлогидридной утилизационной установки непрерывного действия М. Р. Ткач, Б. Г. Тимошевский, С.М. Доценко, Ю. Н. Галынкин // *Авиационно-космическая техника и технология* – 2014. –№ 9 (126). – С. 123-126.

4. Ivanov, T.V. Calorimetric investigation of the hydrogen interaction with ZrCrFe_{1.2} [Text] / T.V. Ivanova, V.N. Verbetsky // *Journal of Alloys and Compounds*. – 1999. – 293–295 – pp. 34–37.

5. Lasher, S. Technical Analysis of Hydrogen Production: Evaluation of H₂ Mini-Grids [Text] / Stephen Lasher, Jayanti Sinha / *Final Technical Report* // U.S. Department of Energy. – May 3, 2005, p8.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Худяков И.В., Амелин М.Ю., Рудакова А.В.
Херсонская государственная морская академия (Украина)

Введение. Дизельные энергетические установки (ДЭУ) современных морских судов характеризуются высокой мощностью и имеют в своем составе большое число двигателей, механизмов и систем. Они обеспечивают движение судна с требуемой скоростью, снабжают электрической и тепловой энергией различных потребителей при условии обеспечения высокой эргономичности, надежности и длительности работы отдельных агрегатов и судовой энергетической установки в соответствии с правилами технической эксплуатации. Повышение эффективности эксплуатации ДЭУ возможно за счет оптимизации процессов управления ДЭУ в ходовых режимах и обеспечения должного качества работы как судовых объектов, так и средств автоматизации [1].

Актуальность исследований. Дизельные двигатели обычно используются на большинстве судов в качестве главных и/или вспомогательных двигателей. Судовые двигатели предназначены для работы на различных эксплуатационных режимах в широком диапазоне изменения мощностей и угловой скорости вала. При этом должны обеспечиваться требуемые технико-экономические характеристики двигателей в соответствии с техническими условиями.

Обеспечение этих характеристик на расчетных режимах не вызывает больших трудностей [2]. Однако в сложных навигационных и климатических условиях обеспечить должную работоспособность ДЭУ при предельных мощностях и угловых скоростях вала главных двигателе зачастую не получается. В случае работы с максимальной мощностью двигатель может испытывать перегрузки по крутящему моменту, которые могут значительно превышать номинальное значение. Вследствие максимальной топливоподачи двигатель работает с тепловыми перегрузками. В ходовых режимах важной задачей является поддержание заданной угловой скорости вала двигателя для обеспечения движения судна с требуемой скоростью. Не всегда оказывается возможным обеспечить высокое качество процессов управления главным двигателем, несмотря на использование в системе управления ДЭУ современных автоматических регуляторов [3].

Актуальной задачей является разработка и внедрение новых методов и технических средств для судовых систем дистанционного автоматизированного управления, которые позволят повысить эффективность работы ДЭУ за счет использования методов адаптивного управления, что может привести к уменьшению топливопотребления и повышению надежности и безопасности эксплуатации оборудования.

Постановка задачи. Целью исследований является анализ возможностей оптимизации процессов оперативного управления ДЭУ для повышения эффективности эксплуатации в динамических режимах работы судна с учетом навигационных и климатических условий.

Результаты исследований. Одним из основных путей повышения эффективности работы судна является эксплуатация энергетической установки на оптимальных режимах работы. Минимизация удельного расхода топлива является целью оптимизации в ходовых режимах, а в маневренных – обеспечение заданной траектории движения судна.

Условия движения судна, работы главных двигателей и вспомогательных механизмов не остаются постоянными в связи с изменением состояния моря и погоды, фарватера и районов плавания, производственных заданий и рабочих режимов.

Режимы работы ДЭУ характеризуются совокупностью многих параметров, определяющих эффективную мощность N_e и эффективный удельных расход топлива g_e (экономичность) или эффективный коэффициент полезного действия η_e . К числу этих параметров относятся: крутящий момент M , угловая скорость вала ω , расход топлива G

или положение органа топливоподачи h , давление наддува p_n , температура охлаждающей воды T и др. Наиболее важными параметрами, которые в большей степени характеризуют динамический режим работы, являются угловая скорость вала и температура охлаждающей воды двигателя.

При исследовании двигателя, как объекта системы автоматического регулирования, управляющими воздействиями является количество подаваемого топлива, а возмущающими – момент сопротивления, приложенный к валу [4]. Динамические режимы работы двигателя определяются дифференциальным уравнением вида

$$J \frac{d\omega}{dt} = M_e - M_c, \quad M_e = f(\omega, h), \quad M_c = f(\omega, \lambda_p), \quad (1)$$

где J – приведенный к оси вала момент инерции всех движущихся элементов двигателя, редуктора, валопровода и гребного винта с присоединенными массами воды.

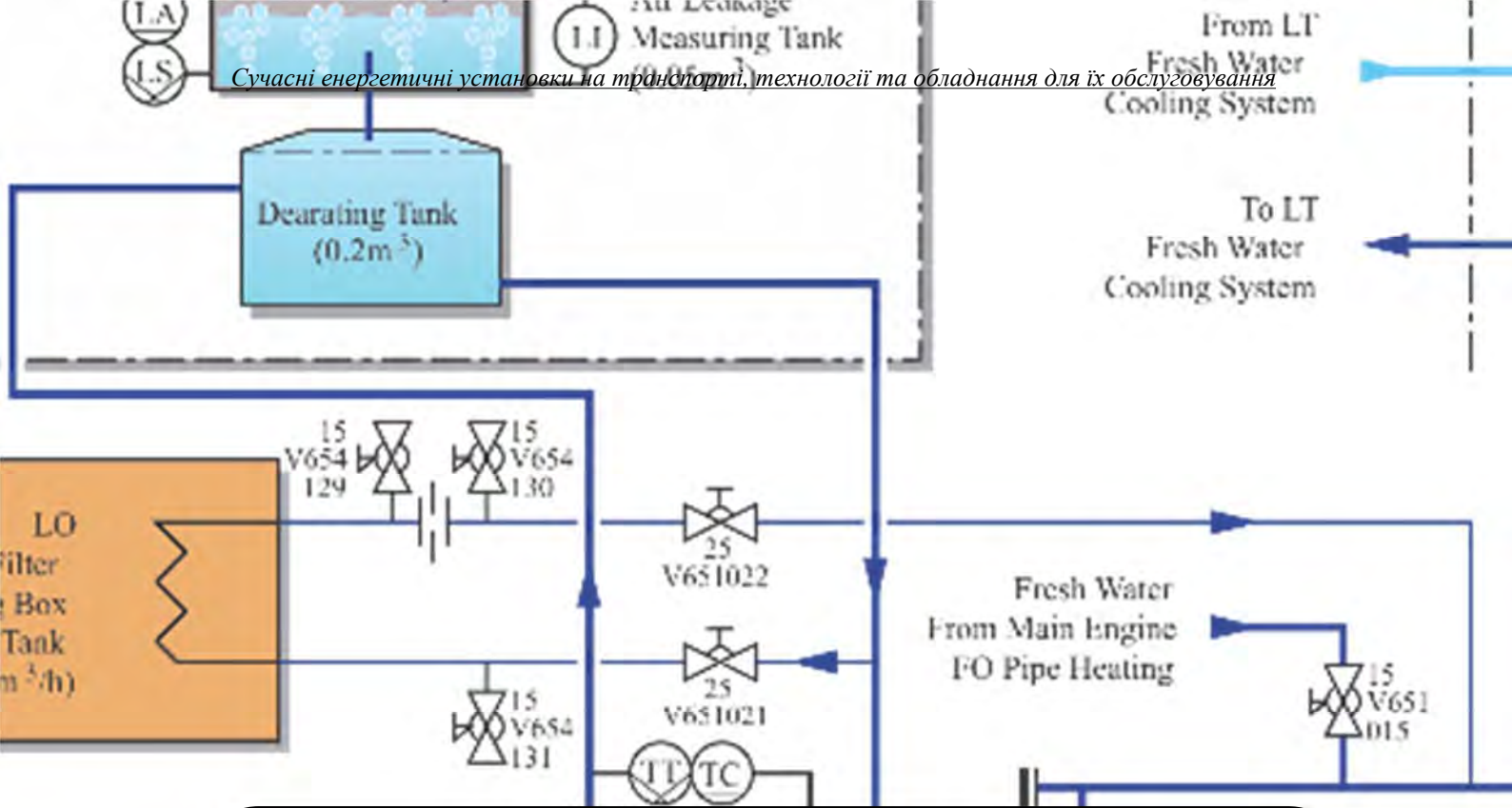
Уравнение (1) является нелинейным, так как в правой части находятся нелинейные зависимости. Возмущающие воздействия по нагрузке могут возникать, например, при оголении винта или перекладке лопастей винта регулируемого шага, повороте рулей, изменении глубины под килем или силы действующего на корпус судна ветра, волнения и других факторов. Все это инициирует возникновение динамических режимов, в результате которых двигатель испытывает избыток или недостаток количества энергии.

Для разработки надлежащих методов и средств оперативного управления судовой ДЭУ необходимо осуществить исследования в следующей последовательности: 1) исследование влияния различных факторов на эффективность работы ДЭУ; 2) разработка и усовершенствование математических моделей, описывающих процесс функционирования пропульсивного комплекса; 3) формулировка функционала цели и задачи оптимального управления ДЭУ; 4) обоснование структуры и состава подсистемы мониторинга для измерения параметров режима работы ДЭУ (внутренних и внешних); 5) разработка адаптивную систему для управления ДЭУ в изменяющихся условиях; 6) создание и усовершенствование аппаратных и программных средств для оперативного управления пропульсивным комплексом и их апробация путем экспериментальных исследований.

Выводы. Эффективная работа ДЭУ при использовании автоматизированной системы дистанционного управления возможна путем усовершенствования работы верхнего уровня управления. Усовершенствование системы управления ДЭУ должно сопровождаться внедрением современных подсистем мониторинга, обеспечивающих постоянный контроль параметров внешних условий, состояния объекта и состояния оборудования. Применение интегрированной автоматизированной системы для оперативного управления ДЭУ с использованием методов адаптивного управления обуславливает гарантированную поддержку рациональных условий функционирования элементов ДЭУ, а также экономичное использование различных ресурсов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ланчуковский В.И. Автоматизированные системы управления судовых дизельных и газотурбинных установок. Учебник/ В.И. Ланчуковский, А.В. Кузьминых. – М.: Транспорт, 1983. – 320с.
2. Автоматизация процессов в судовой энергетике: учебник для вузов. / И.Г. Беляев, Н.Г. Курзенков, В.И. Седых, В.Н. Слесаренко – Владивосток. – 1999. – 453 с.
3. Woodward Electronic Controls for Engines. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.woodward.com/electroniccontrolsengine.aspx>.
4. Токарев Л.Н. Системы автоматического регулирования. Примеры схем и структур, статические и динамические характеристики, математические модели, элементы теории регулирования. / Л.Н. Токарев – СПб.: «Нотабене», 2001. – 192 с.



Секція 2

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



ОПТИМІЗАЦІЯ ГІБРИДНИХ ВІТРО-СОНЯЧНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ ТАБЛИЧНОГО ПРОЦЕСОРА MS EXCEL

^{1,2}Баганов Є.О., ¹Дон Н.Л.

¹*Херсонський національний технічний університет (Україна)*

²*Херсонська державна морська академія (Україна)*

Вступ. Застосування гібридних енергетичних установок на базі поновлюваних джерел енергії є одним з найбільш перспективних напрямків розвитку альтернативної енергетики. Такі установки виправдовують себе в регіонах з достатнім енергетичним потенціалом декількох поновлюваних джерел й здатні забезпечити більш надійне безперебійне енергопостачання. Одним з таких типів установок є автономні гібридні вітро-сонячні системи генерації електроенергії, які дозволяють гнучко використовувати наявний енергопотенціал та згладжувати коливання потужності, що генерується, викликані циклічністю та стохастичністю природних процесів [1].

При проектуванні подібних систем одним з головних аспектів є оптимізація кількості основних генеруючих елементів і накопичувачів енергії для мінімізації кінцевої вартості при максимальній надійності енергопостачання споживача [2, 3]. Така задача вимагає комбінованої технології імітаційної оптимізації (сукупність математичного програмування та імітаційного моделювання), де застосовується апарат обробки невідомих детермінованої та стохастичної природи.

Актуальність досліджень. Переважну більшість практичних питань оптимізації відносять до складних для комп'ютерної реалізації задач внаслідок нелінійності цільової функції й обмежень, що накладаються на неї, а також необхідності врахування спеціальних граничних значень для шуканих невідомих. Існуючі програми оптимізації гібридних систем на базі відновлюваних джерел енергії, такі як Hybrid2, Retscreen, iHOGA тощо, доступні або тільки в комерційному варіанті, або мають занадто високий поріг входження і складні для роботи, або недостатньо універсальні. У свою чергу для користувачів-оптимізаторів зі стандартною математичною й програмістською підготовкою у табличному процесорі MS Excel існують вбудовані доступні й ефективні програмні продукти масового використання у вигляді готових оптимізаційних програм-надбудов (solvers), які дозволяють ефективно проводити табличне моделювання та оптимізацію рішень на платформі електронних таблиць [4].

Постановка задачі. Метою даного дослідження є розробка і реалізація алгоритму оптимізації гібридної вітро-сонячної автономної системи в табличному процесорі MS Excel на основі вбудованих оптимізаційних програм-надбудов.

Результати досліджень. Розроблений алгоритм оптимізації гібридної вітро-сонячної автономної системи на основі моделей окремих її компонентів, кліматичних баз даних і імітаційного моделювання часової залежності її стану, реалізований у вигляді книги MS Excel. Математичні моделі, що були використані для опису роботи складових системи, описані в [5]. Безпосередній процес оптимізації складу системи виконується за допомогою надбудови «Пошук рішення». В процесі оптимізації враховуються наступні параметри експлуатації гібридної системи: кліматичні умови місцевості (швидкість вітру, сонячне випромінювання) та орієнтовний графік навантаження споживача. Оптимізація проводиться за наступними параметрами: кількість модулів фотоелектричних перетворювачів (ФЕП), вітроелектричних установок (ВЕУ) та акумуляторних батарей (АКБ), паспортні параметри яких є вхідними даними розрахунку. Цільова функція задачі оптимізації – вартість системи, яка повинна бути мінімальною. При цьому обов'язковим є забезпечення максимальної надійності енергопостачання споживача, що контролюється через імітаційне моделювання роботи системи з контролем припустимої глибини розряду АКБ. Додатково може бути отримана наступна інформація: оптимальний кут нахилу ФЕП, визначення найкращих моделей ВЕУ з переліку та висоти їх розташування, розрахунок

перевироблення енергії тощо. Також реалізована можливість перевірки працездатності системи при нестандартних стресових умовах роботи (тривала хмарність, періоди затишшя, локальний часовий перерозподіл споживання електроенергії).

При розв'язанні задачі оптимізації найкраще з точки зору співвідношення точності розрахунку та витраченого машинного часу показали себе метод пошуку Ньютона для версії Excel 2003 та метод узагальненого приведенного градієнта для наступних версій.

Для демонстрації роботи програми у табл. 1 наведено порівняння трьох варіантів безперебійного енергозабезпечення для одного і того ж навантаження: гібридною вітро-сонячною системою, тільки модулями ФЕП та тільки ВЕУ.

Таблиця 1. Порівняння систем безперебійного енергозабезпечення об'єкта

Тип установки	Гібридна	Сонячна	Вітрова
Загальна потужність ВЕУ, кВт	2	0	7
Загальна потужність ФЕП, кВт	5,75	9,9	0
Загальна ємність АКБ, кВт·год	50,4	74,4	96
Перевироблення енергії за рік, % від необхідної	216	225	250
Вартість, \$	14 778	19 836	23 800

Коректність розрахунків була перевірена варіюванням складових системи біля отриманого оптимального складу і визначенням вартості системи, що забезпечує безперебійне живлення споживача. Результати показали ріст вартості системи при варіації її складу в будь-якому напрямку, що тим самим підтвердило визначений абсолютний мінімум та коректність роботи програми.

Як видно з табл. 1, підсумкова вартість базових компонентів гібридної вітро-сонячної системи виходить до 25-38% дешевше порівняно із звичайною вітровою або сонячною системою. Додатково, заміна акумуляторів у такій системі обійдеться на 33-48% дешевше.

Аналіз можливості мінімізації перевироблення енергії в системі показав, що такі умови призводять до суттєвого збільшення загальної ємності АКБ. Відповідно до сучасних цін на ФЕП, ВЕУ та АКБ, а також враховуючи тенденції до здешевлення генеруючих потужностей, можна зробити висновок про те, що економічно оптимізована гібридна вітро-сонячна система не може працювати без перевироблення енергії.

Висновки. Розроблено алгоритм та реалізовано відповідну комп'ютерну програму на базі табличного процесора MS Excel, яка дозволяє мінімізувати вартість гібридної вітро-сонячної системи при забезпеченні безперебійного енергопостачання об'єкта з урахуванням реальних графіків навантажень та кліматичних умов. Показано, що значної вартості акумуляторних батарей, оптимум системи зміщений в бік значного перевищення потужності генерації над споживанням.

ЛІТЕРАТУРА

1. Величко С.А. Енергетика навколишнього середовища України (з електронними картами). Навчально-методичний посібник для магістрантів / С.А. Величко – Харків: ХНУ ім. Каразіна. – 2003. – 52 с.

2. Mathematical modeling of hybrid renewable energy system: A review on small hydro-solar-wind power generation/ B. Bhandari et al. // International journal of precision engineering and manufacturing-green technology. – 2014. – Vol. 1. – N. 2. – P. 157-173.

3. P. Nema. A Current and Future State of Art Development of Hybrid Energy System using Wind and PV-solar: A Review / Nema P., Nema R. K., Rangnekar S. // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2009. – Vol. 13. – N. 8. – P. 2096-2103.

4. Додонов О. Г. Оптимізаційні моделі еволюційного програмування в Excel: розв'язання задачі комівояжера з обмеженнями alldifferent / О. Г. Додонов, А. І. Кузьмичов // Реєстрація, зберігання і обробка даних. - 2011. - Т. 13, № 3. - С. 3-16.

ОЦЕНКА ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДИЗЕЛЯ ПРИ ПОСТОЯННОМ МАКСИМАЛЬНОМ ДАВЛЕНИИ ЦИКЛА

Берестовой И.О.

Азовский морской институт

Национального университета «Одесская морская академия» (Украина)

Введение. При термодинамической оценке дизеля в теории принято рассматривать цикл Тринклера-Сабате и в дальнейшем при расчётах отдельно анализируют процессы: политропного сжатия, изохорного и изобарного подводов теплоты, политропного расширения и выпуска с учетом потери заряда, изменения молярных масс воздуха продуктов сгорания и т.п. как это делается в методике Гриневецкого-Мазинга [4]. Либо не выделяют изохорный и изобарный подвод теплоты, а вместо них применяют, более приближенного к реальному процессу подвода тепла реализуемого в дизеле, уравнение выгорания применяемое в методике Вибе [2]. При этом отмечается, что именно характер протекания процесса сгорания наиболее сильно влияет на рабочие параметры дизеля, хотя многие авторы утверждают, что процесса сгорания в дизеле является саморегулируемым.

Актуальность исследования. При анализе цикла Тринклера-Сабате в термодинамике и теории дизеля наибольшее влияние уделяют влиянию степени нарастания давления и степени предварительного расширения на совершаемую работу так и на КПД цикла в целом. Но во время анализа в основном принимаю неизменной степень сжатия, при этом выдвигая фавулу, что при увеличении доли тепла подведенного по изохоре КПД цикла увеличивается, и как следствие КПД цикла Отто выше КПД цикла дизеля [3,4]. При таком подходе не принимается во внимание, что в практике степень сжатия бензиновых двигателей (как более приближенных к циклу Отто) значительно меньше степени сжатия дизельных.

Постановка задачи исследования. Учитывая, что ограничительными факторами на параметры протекание процесса сгорания в цикле Тринклера-Сабате, являются максимальное давления сгорания и мгновенная мощность теплового потока, а не степень сжатия, в исследовании ставилась задача – оценка смешанного цикла ДВС с учетом постоянства максимального давления сгорания, а также выявления путей повышения эффективности работы дизеля при незначительных конструктивных изменениях цилиндропоршневой группы.

Результаты исследований. В основу исследований было положено общеизвестное уравнение взаимосвязи КПД цикла от степени предварительного расширения, степени повышения давления и степени сжатия [3,4]:

$$\eta_t = 1 - \frac{\lambda \cdot \rho^n - 1}{\varepsilon^{n-1} [\lambda - 1 + n \cdot \lambda (\rho - 1)]}, \quad (1)$$

при этом показатель политропы расширения и сжатия принимались равным 1,5 и 1,35 соответственно, параметры надувочного воздуха, степень сжатия и количество подводимого тепла оставались неизменными (табл. 1).

В результате анализов расчета было отмечено увеличение КПД цикла с увеличением степени предварительного расширения до определенного оптимума и дальнейшее его уменьшения табл. 1.

Также в ходе исследования был проведен анализ реальных индикаторных диаграмм двухтактного дизеля 6S50MC-C на различных режимах [1] (рис. 1, а) отмечено уменьшение степени нарастания давления с увеличением нагрузки. Что при неизменной степени сжатия должно приводить к уменьшению КПД дизеля (1), но в практике наблюдается увеличение КПД с ростом нагрузки до некоторой экономической нагрузки.

Таблица 1. Расчет термодинамических параметров цикла Тринклера-Сабате при постоянном максимальном давлении сжатия и подводимом тепле.

Степень повышения давления	Степень предв. расширения	Степень сжатия	Подводимое тепло, кДж/кг	Макс. давление цикла, МПа	Работа цикла, кДж/кг	КПД
2,34	1	8,565	419	17,0	221,4	0,528
1,4	1,356	12,531	419	17,0	236,6	0,565
1,2	1,498	14,046	419	17,0	237,1	0,566
1,1	1,588	14,981	419	17,0	236,7	0,565
1	1,693	16,08	419	17,0	235,6	0,562

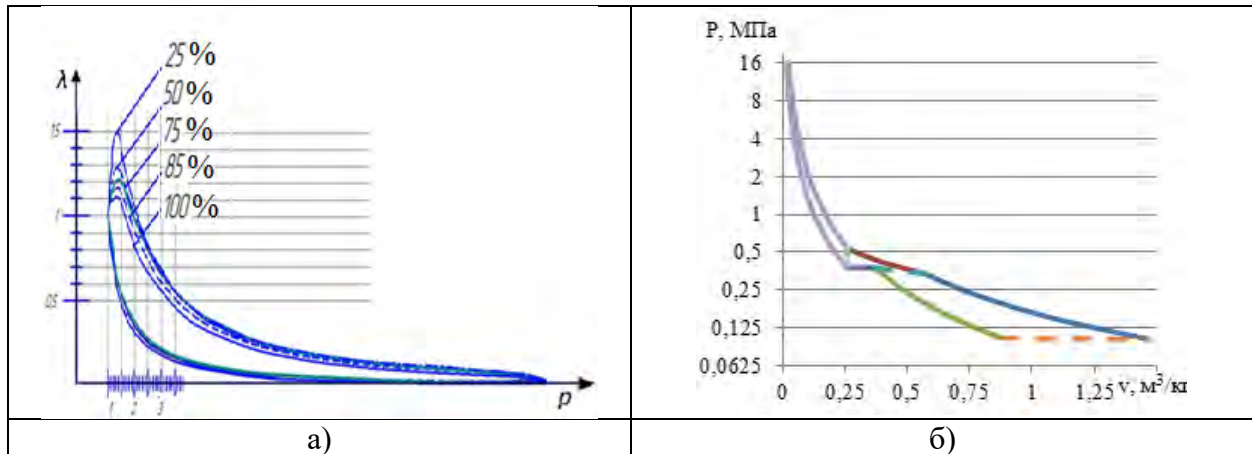


Рисунок 1. Цикл ДВС со смешанным подводом теплоты: а - изменение степени предварительного расширения и степени нарастания давления; б - Совмещенный цикл ДВС с газотурбинным наддувом (логарифмическая шкала давлений)

Что свидетельствует о значительном влиянии термодинамических процессов происходящих в турбине дизеля, как следствие о необходимости совместного рассмотрения процессов происходящих в дизеле и турбине (рис. 1, б), во взаимной связи друг с другом, что также следует учитывать при анализе цикла ДВС.

Выводы: Полученные результаты расчетов позволяют прийти к выводу о том, что при механических ограничениях накладываемых максимальным давлением в цикле на номинальных нагрузках целесообразна реализация процесса сгорания в двигателях внутреннего сгорания при некотором оптимальном значении степени повышения давления, что позволит увеличить КПД дизеля, а также получаемую мощность. При этом при уменьшении нагрузки целесообразно дальнейшее увеличение степени повышения давления при неизменном максимальном давлении сгорания, что можно достичь применением: многоступенчатого впрыска, применением различных присадок, регулировкой температурами надвучного воздуха и топлива и т.п.

ЛИТЕРАТУРА

1. Берестовой І. О. Вибір суднового дизеля шляхом синтезу його конструктивних характеристик та енергетичних показників: дис. ... канд. техн. наук : 05.05.03 / Берестовой Іван Олегович. – Одеса, 2015. – 171 с.
2. Вибе И. И. Новое о рабочем цикле двигателей : скорость сгорания и рабочий цикл двигателя / И. И. Вибе. – М. : ГНТИ, 1962. – 269 с.
3. Дьяченко В. Г. Теория двигателей внутреннего сгорания / В. Г. Дьяченко. – Харьков: ХНАДУ, 2009. – 500 с.
4. Шароглазов Б. А. Двигатели внутреннего сгорания: теория, моделирование и расчёт процессов / Б. А. Шароглазов, М. Ф. Фарафонов, В. В. Клементьев. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2004. – 344 с.

ДО ПИТАННЯ ОБЛІКУ ВИТРАТ ПАЛИВА МОБІЛЬНИМИ ПАРОГЕНЕРАТОРНИМИ УСТАНОВКАМИ НАФТОГАЗОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ТРАНСПОРТУ НА НЕ СТАНДАРТНИХ РЕЖИМАХ РОБОТИ

¹Богатчук І.М., ¹Прунько І.Б., ²Богатчук М.І.

¹Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу (Україна),

²Центр нормативно - економічних досліджень ПАТ “Укрнафта” (Україна)

Мобільні парогенераторні установки типу ППУ призначені для депарафінізації привибійної зони свердловин, трубопроводів, резервуарів, арматури, підземного та наземного нафтогазопромислового обладнання, а також інших потреб. Наведені вище установки мають один режим експлуатації. Виробниками ППУА 1600/100 (нової моделі) [1] передбачено додатковий режим II, який призначений для операцій з обігріву, миття і інших робіт насиченою парою низького тиску.

Слід зазначити, що деякі галузеві нормативи витрат палива нижчі за нормативи, які встановлені інструкціями з експлуатації, та інформаційними джерелами [1 – 7]. Це пояснюється тим, що галузеві нормативи складені із врахуванням можливості роботи установок на нижчих режимах. При цьому виробляється пара з нижчими фізичними параметрами [8].

В даний час в зв'язку з енергетичною залежністю некоректно так підходити до нормування витрат палива парогенераторними установками. Для всіх споживачів (експлуатаційників) норми витрат палива повинні бути єдині і обчислюватись на одиницю виробленої пари або годину роботи парогенераторної установки при сталих режимах (тиску – Р, температурі – t і мірі сухості насиченої пари – x).

Розбіжність в нормативах витрат палива, які передбачені інструкціями з експлуатації і галузевих нормах, можуть спонукати експлуатаційників до зловживань з витратами палива. Другою причиною є те, що на установках даного типу відсутні вологоміри, для визначення міри сухості насиченої пари, за якою визначають витрату палива при різних її значеннях, що показано в роботі [8].

Для спрощення розрахунків питомої витрати палива парогенераторними установками будь якого типу через параметри, які реєструються приладами тиску і температури використовуємо термодинамічні властивості води і водяної пари в стані насичення (за тиском) [9]. Для чого розглянемо теоретичну розрахункову питому витрату палива при роботі установок на режимах рекомендованих в [1].

Питома теоретична витрата палива за годину роботи установки буде складати

$$B = \frac{q_m \cdot D}{\eta_{бр}} \text{ кг/ГОД}, \quad (1)$$

де D – продуктивність парогенераторної установки, кг/год. Згідно технічної характеристики продуктивність установки ППУА-1200/100 – 1200 кг/год, ППУА-1600/100 – 1600 кг/год;

$\eta_{бр}$ – ККД брутто парогенераторної установки. Відповідно коефіцієнт корисної дії брутто, визначений в роботі [8] за параметрами (P=10 МПа, t=310 °C, x = 0,8 і t_г = 12 °C) для установок ППУА-1200/100 складає $\eta_{бр} = 0,817$ і ППУА-1600/100 $\eta_{бр} = 0,824$.

Узагальнивши вищенаведене представимо формулу для визначення витрат палива парогенераторними установками

$$B = \frac{q_x \cdot D}{Q_H^P \cdot \eta_{бр}}, \text{ кг/ГОД}, \quad (2)$$

де Q_H^P – нижня теплота згорання палива.

З метою спрощення розрахунків витрат палива організаціями експлуатуючими парогенераторні установки і створення єдиної методики для їх визначення представимо залежність для визначення витрат палива в залежності від вихідних параметрів пари, а саме від тиску, якому відповідає температура на лінії насичення при мірі сухості пари $x = 0,8$ і $x = 0$.

Узагальнивши вищенаведене можна записати залежності витрат палива в залежності від тиску при температурі лінії насичення. В якості прикладу приведемо ППУА-1600/100 (режим – I) [7]:

$$B_{x=0,8}^{1,6(I)} = -0,00P^4 + 0,04P^3 - 0,5P^2 + 2,76P + 77,8, \text{ кг/год, } (R^2 = 0,9989), \quad (3)$$

$$B_{x=0}^{1,6(I)} = -0,00P^4 + 0,04P^3 - 0,5P^2 + 2,76P + 77,8, \text{ кг/год, } (R^2 = 0,9989). \quad (4)$$

де $B_{x=0,8}^{1,6}$, $B_{x=0}^{1,6}$, – відповідно витрата палива для отримання пари при мірі сухості ($x=0,8$ і $x=0$);

P – тиск пароводяної суміші в котлові, МПа.

Висновки: За наведеними вище формулами з достатньо високою точністю можна визначати витрати палива при експлуатації парогенераторних установок на різних режимах.

Розроблена методика дасть можливість створити єдину методику визначення витрат палива при різних режимах роботи установок і позбутися зниження або завищення норм витрат палива організаціями, які експлуатують парогенераторні установки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Установка промышленная паровая передвижная ППУА-1600/100. Руководство по эксплуатации (ТУ 26-02-987-85). ОАО "Нальчикский машиностроительный завод" – Нальчик, КБР – 2005. – 73 с.
2. Нефтепромышленное оборудование: Справочник / Под ред. Е.И. Бухаленко. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1990. – 559 с.
3. Байбаков Н.К., Брагин В.А., Гарушев А.Р., Толстой И.В. Термоинтенсификация добычи нефти - М.: Недра, 1971. – 280 с.
4. Поршаков Б.П., Романов Б.Д. Основы термодинамики и теплотехники - М.: Недра, 1988. – 300 с.
5. Паровая передвижная установка ППУ-3М. Каталог – М.: Недра, 1971. – 43 с.
6. Установка промышленная паровая передвижная ППУА-1200/100. Техническое описание и инструкция по эксплуатации (25.00.00.000 ТО). – 1989. – 72с.
7. Установка промышленная паровая передвижная ППУА-1600/100. Техническое описание и инструкция по эксплуатации (35.00.00.000 ТО). – 2004. – 61с.
8. Козак Ф. В., Процюк Б. Д., Богатчук М. І. Про методику визначення витрат палива парогенераторними установками нафтогазового технологічного транспорту – Науковий вісник ІФНТУНГ. – 2008. № 2(18). С.89 – 93.
9. Ривкин С.Л., Александров А.А. Теплофизические свойства воды и водяного пара – М.: Энергия, 1980. – 424 с.

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ СУДОВЫХ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ ПОКРЫТИЯМИ ДИСКРЕТНОЙ СТРУКТУРЫ

¹Волков Ю.В., ²Ивченко Т.И., ³Лопата Л.А., ³Калиниченко В.И.

¹*Кировоградский национальный технический университет (Украина)*

²*Херсонская государственная морская академия (Украина)*

³*Институт проблем прочности НАН Украины (Украина)*

Состояние вопроса. Повышение эксплуатационных параметров СММ – нагрузок, скоростей, температуры приводит к преждевременному их выходу из строя. Применение упрочняющей поверхностной обработки и нанесение покрытий на детали судовых машин и механизмов (СММ), позволяющих повысить их срок службы, является наиболее приоритетным направлением в современном судостроении и судоремонте.

Из традиционных способов поверхностного упрочнения наиболее распространены цементация, закалка ТВЧ, газотермическое напыление, гальванические покрытия. По энергоёмкости эти способы занимают в машиностроении первое место. При эксплуатации традиционного сплошного покрытия возникают концентраторы напряжений, которые неизбежно его разрушают.

Постановка задачи. Разработать принцип нанесения покрытий дискретной структуры повышенной износостойкости и термомеханической прочности.

Основное содержание работы. Идея принципа нанесения покрытий дискретной структуры заключается замене сплошного слоя покрытия прерывистым слоем или фрагментированным слоем дискретной, прерывистой структуры. Дискретные покрытия позволяют повысить долговечность поверхностей деталей в 3 и более раз (в сравнении с традиционными покрытиями сплошной структуры). Дискретные покрытия позволяют за счет упрочнения нижней полки верхней кольцевой канавки поршня снизить износ деталей цилиндра-поршневой группы дизельного двигателя в 4 раза. Кроме повышения долговечности, дискретные покрытия позволяют отменить традиционную закалку, что позволяет снизить расход электроэнергии в 10 раз. Это обстоятельство существенно улучшает экологическую обстановку. Дискретные покрытия позволяют заменить дорогостоящих конструкционные материалы на более дешевые.

Известен способ нанесения дискретных покрытий электроискровым легированием (ЭИЛ) [2]. Недостатком способа [2] является недостаточная глубина проникновения зоны шарового сегмента в деталь. Именно этот размер (вместе с высотой сегмента) обеспечивает долговечность при изнашивании. ЭИЛ не может обеспечить глубину, больше 0,25...0,3 мм. Недостатком ЭИЛ является также ограничение материалов электродов для легирования и недостаточная производительность процесса.

Результаты исследований. В работе представлен способ нанесения дискретных покрытий в виде гранул электроконтактным методом. До настоящего времени электроконтактным методом использовали для нанесения сплошных покрытий [1]. Выбор гранул в качестве материала покрытия связан с особенностью электроконтактного метода, когда точечный характер контакта шарообразной гранулы с деталью обеспечивает концентрацию электрического тока и локальное повышение температуры в точке контакта гранулы и детали. Одновременно с нагревом силой тока сжатый электродом гранулы углубляются в нагретую локальную зону детали при обеспечении высокой адгезионной прочности. На рисунке 1 представлена схема нанесения покрытия. Способ реализуется таким образом: гранулы 1 диаметром D_0 размещаются на упрочняемой поверхности детали 2 с шагом "а". Вдоль поверхности детали перемещается роликовый электрод 3 со скоростью v . К электроду 3 прикладывается усилие сжатия P и пропускают электрический ток от блока питания 4. Дискретное покрытие характеризуется углублением деформированной гранулы вглубь детали, выступом гранулы "с" над поверхностью детали и диаметром

деформованной гранулы D_1 . Соотношение размеров D_1 и a характеризует плотность ψ дискретного покрытия, то есть отношение площади покрытий к общей площади. Размеры b , c и D_1 зависят от силы тока I , продолжительности импульсов тока $\tau_{им}$ и силы сжатия P .

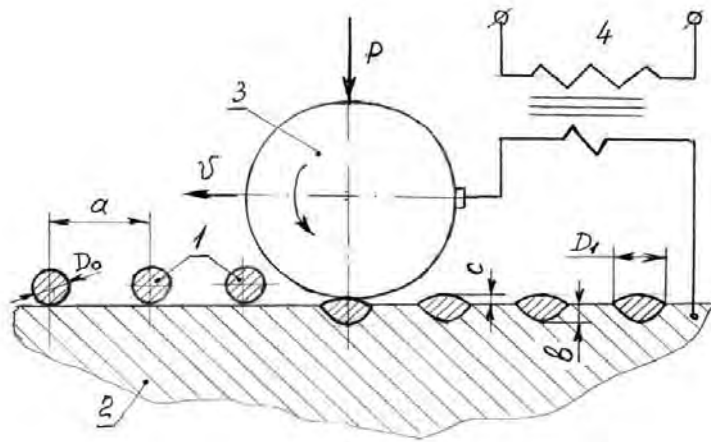


Рисунок 1. Схема нанесения покрытия дискретной структуры электроконтактным методом

В табл. 1 приведены технологические параметры и свойства дискретных покрытий.

Таблица 1. Технологические параметры нанесения дискретных покрытий электроконтактным методом

Параметр	Численное значение
Сила тока, А	16
Продолжительность импульсов тока, $\tau_{им}$, с	0,02
Продолжительность пауз, $\tau_{п}$, с	0,02
Сила сжатия, P , МПа	40
Плотность ψ , %	70
Диаметр D_0 , мм	1
Шаг a , мм	0,99
Глубина b , мм	0,5
Коэффициент повышения износостойкости	2,4

Выводы. В работе представлен способ нанесения дискретных покрытий в виде гранул электроконтактным методом для повышения срока службы деталей судовых машин и механизмов. Дискретные покрытия позволяют повысить долговечность поверхностей деталей в 3 и более раз (в сравнении с традиционными покрытиями сплошной структуры).

ЛИТЕРАТУРА

1. Пат. України № 37466А, МПК С23С 4/00. Спосіб одержання порошкових покриттів / Ф.Й. Златопольський, Л.А. Лопата, М.В. Красота. Заявл. 14.01.99, опубл. 15.05.2001, Бюл. № 4.
2. А.с. 677549 (СССР), С23С 9/00, В23Р 1/18. Способ нанесения покрытий / Б.А. Ляшенко, В.В. Ришин, Э.С. Уманский и др. Заявл. 18.01.77, опубл. 30.07.79, Бюл. № 28.

МАЛОПОТУЖНА СИСТЕМА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ГЕНЕРАЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Гнатів А.В., Аргунь Ш.В.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет (Україна)

Вступ. Проект присвячено альтернативному способу виробництва електричної енергії для її подальшого ефективного використання не тільки на транспортних засобах, але і у інфраструктурі. Основною метою роботи є розробка та впровадження систем енергозбереження та генерації електричної енергії для транспортних засобів. В основу ідеї проекту покладено методи та способи перетворення кінетичної енергії в електричну, що дозволить згенерувати необхідну кількість енергії, забезпечити системи електроживлення додатковими, альтернативними малопотужними джерелами живлення, провести ефективний розподіл енергії та її збалансування по потужності споживання.

Актуальність досліджень. Розробка альтернативних та децентралізованих джерел електричної енергії на цей час є вельми актуальною. Особливо це стосується транспортної галузі України та пов'язано з постійним подорожчанням енергоресурсів. Основна ідея дослідження полягає у перетворенні кінетичної енергії від натискання в електричну з зарядом відповідних накопичувачів енергії. Розробка в кінцевому вигляді повинна мати форму плити чи сходинки, натискання на яку призводить до генерації електричної енергії. Забезпечення транспорту та його інфраструктури такими розробками дозволить додатково згенерувати достатню кількість електричної енергії, яка, наприклад, може бути використана для освітлення, чи для забезпечення власних потреб. Додаткові малопотужні децентралізовані джерела електричної енергії матимуть просту конструкцію, що забезпечить їх легкий монтаж у визначеному місці. Це дозволить збалансувати енергосистеми на транспорті та провести розвантаження основних мереж за електричним навантаженням. Отримана електрична енергія також може бути використана у інфраструктурі для транспорту, наприклад, для зовнішнього освітлення, для заряду акумуляторних батарей, зарядних станцій для електрокарів та plug-in hybrid тощо [1–5].

Постановка задачі: підвищення енергоефективності та екологічної чистоти транспортних засобів шляхом розробки систем енергозбереження та генерації електричної енергії з використанням відновлюваних та альтернативних джерел енергії.

Результати дослідження. Завдяки цьому проекту вирішується дві проблеми: проблема перетворення різних видів енергії (кінетичної, сонячної, теплової, хімічної тощо) в електричну і проблема створення та розвитку альтернативних та децентралізованих джерел електроживлення. Запропонована розробка заснована на конверсійному використанні двигунів та спрямована на створення додаткових джерел, а також дослідження енергетичних процесів в них. Отже, розробка відноситься до альтернативних та децентралізованих джерел електроживлення та може бути використана, як альтернативне джерело електричної енергії для транспортних засобів та їх інфраструктури. Впровадження та використання розробки дозволить зменшити витрати електричної енергії, згладити пікові навантаження на електростанції та вирівняти дисбаланс між денною та нічною витратою електроенергії, втілити енергоефективні технології та забезпечити енергозбереження та генерацію електричної енергії для транспортних засобів та їх інфраструктури [4, 5]. На основі результатів теоретичних та експериментальних досліджень планується розробка та створення модельного зразка системи енергозбереження та генерації електричної енергії для транспортних засобів – енергогенеруючої сходинки [2, 3].

В ході роботи було проведено:

- аналіз методів перетворення різних видів енергії в електричну;
- аналіз електроприводу з двигуном постійного струму незалежного збудження;
- аналіз механічних характеристик двигуна постійного струму незалежного збудження в гальмівних режимах;

– дослідження електроприводу з кроковим двигуном.

Були отримано наступні результати:

– запропоновано будову та принцип дії системи енергозбереження та генерації електричної енергії для транспортних засобів;

– розроблено конструктивні та принципові схеми виконання системи енергозбереження та генерації електричної енергії для транспортних засобів.

Дане дослідження сприятиме вирішенню низці економічних проблем та буде мати суттєве соціально-економічне значення, адже планується отримати принципово новий спосіб вирішення складної науково-технічної проблеми. Бо пропоновані системи енергозбереження та генерації електричної енергії для транспортних засобів являються: екологічно чистими технологічними засобами виробництва та збереження електричної енергії; ресурсозберігаючими засобами виробництва електричної енергії; економічними, з точки зору енергетичних затрат.

Практична цінність одержаних результатів полягає у наданні суб'єктам ринку, нових, прогресивних та ефективних методів енергозбереження та генерації електричної енергії, зокрема, розроблену та реально діючу систему генерації електричної енергії, яка може бути використана як малопотужне децентралізоване джерело електроживлення. Представлена система має незначні розміри та може легко монтуватися у будь-якому місці.

Висновки. Запропоновано та досліджено один зі шляхів підвищення енергоефективності та екологічної чистоти транспортних засобів шляхом розробки систем енергозбереження та генерації електричної енергії з використанням відновлюваних та альтернативних джерел енергії.

Запропоноване устаткування є актуальним і необхідним виробничим підприємствам і фірмам, що спеціалізуються на розробці, впровадженні та широкому застосуванні новітніх прогресивних технологій енергозбереження та генерації електричної енергії для малопотужних енергетичних систем. Також пропонований проект буде актуальним та користуватиметься попитом в різних фірмах, установах та організаціях, де є потреба в економії енергоресурсів та забезпеченні електричною енергією. Отже, будь яка установа де є велика прохідна здатність (потік людей) чи інші чинники, що забезпечують перманентну натискну силу є потенціальними замовниками представленої розробки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Shalabh R.V. Converting sound energy to electric energy / R.V. Shalabh // International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering. –Vol. 2, Issue 10, October 2012.

2. Гнатов А.В., Аргун Щ.В., Гнатова Г.А. Пристрій генерування електричної енергії // Пат. 106587 України, Н02К 7/00, Н02К 7/12, Н02К 35/00, Н02К 35/02 Пристрій генерування електричної енергії / Гнатов А. В., Аргун Щ.В., Гнатова Г. А.; заявник та патентовласник Харківський нац. автом.-дорожн. ун.-т., Гнатов А.В. – № у 2015 11853 заявл. 30.11.2015; опубл. 25.04.2016, Бюл. № 8.

3. Гнатов А. В., Аргун Щ.В., Гнатова Г. А. Спосіб генерування електричної енергії від кроків людського потоку // 217. Пат. 106588 України, Н02К 7/12, Н02К 35/02 Спосіб генерування електричної енергії від кроків людського потоку / Гнатов А. В., Аргун Щ.В., Гнатова Г. А.; заявник та патентовласник Харківський нац. автом.-дорожн. ун.-т., Гнатов А.В. – № у 2015 11854 заявл. 30.11.2015; опубл. 25.04.2016, Бюл. № 8.

4. Гнатов А.В., Аргун Щ.В., Ульянец О.А. Энергосберегающие технологии на транспорте // Луцьк : Наукові нотатки, В.55. – 2016. – С. 80–86.

5. Pat. US D712,822 S United States. Solar Roadway Panel / Brusaw S., Brusaw J. – Declared 19.04.2013; Publ. 9.09.2014.

НОВЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ ЭМИССИИ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ СО СТОРОНЫ МОРСКОГО ТРАНСПОРТА

Горбов В.М., Митенкова В.С.

Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова (Украина)

Вступление. Международная морская организация (ИМО) в последние годы уделяет большое внимание исследованиям эмиссии парниковых газов со стороны международного судоходства, на основании чего существенно дорабатываются нормативные документы, регламентирующие данный вид загрязнителей. Кроме того, разрабатываются рекомендации, направленные на использование максимально эффективных методов снижения выбросов в атмосферу, в первую очередь, диоксида углерода. В последнем комплексном исследовании ИМО прогнозируется, что уровень выбросов CO₂ к 2050 г. со стороны международного судоходства увеличится на 50...250% по сравнению с 2012 г. [1].

Кроме CO₂ рассматриваются и другие парниковые газы, образующиеся в процессе эксплуатации судовых энергетических установок: метан, оксид диазота (N₂O), гидрофторуглероды, перфторуглеводороды, гексафторид серы (SF₆). Обсуждается возможность регламентации этих выбросов наряду с уже существующими нормативами на эмиссию диоксида углерода, оксидов серы и азота.

Актуальность. Предлагается постепенное ужесточение требований к уровню выбросов CO₂ морским транспортом и введение ограничительных кривых, предполагающих снижение эмиссии основного парникового газа (по аналогии со стандартами Tier I, II, III), что потребует внедрения ряда мероприятий, направленных на снижение расхода топлива, сжигаемого в котлах и двигателях судовых энергетических установок.

Постановка задачи. Регулярный мониторинг изменений, относящихся к оценке уровня выбросов, позволит своевременно разрабатывать и внедрять на судах (находящихся как в стадии проектирования, так в эксплуатации) необходимые решения для соблюдения требований.

Результаты исследований. Для каждого типа судов, на которые распространяется действие индекса энергетической эффективности, введены ограничительные кривые на выбросы диоксида углерода, рассчитываемые по формуле: $EEDI = a * b^{-c}$, где b – это дедвейт (сухогрузы, танкеры, газовозы, грузовые суда типа Ro-Ro, универсальные суда для перевозки генеральных грузов) или валовый регистровый тоннаж (пассажирские суда, в т.ч. и типа Ro-Ro), а a и c – коэффициенты, значения которых приведены в табл. 1. [2].

Таблица 1. Коэффициенты для расчета граничных значений EEDI

Тип судна	Коэффициент a	Коэффициент c
Балкеры	961,79	0,477
Газовозы	11200	0,456
Танкеры	1218,8	0,488
Контейнеровозы*	174,22	0,201
Сухогрузы	107,48	0,216
Рефрижераторы	227,01	0,244
Грузопассажирские суда	1218,8	0,488

*Для данного типа судов в формулу подставляется значение $b=0,7*dwt$

Планируется, что нормативные требования к эмиссии CO₂ будут вводиться поэтапно в период с 2013 по 2025 г., ужесточаясь на каждом новом этапе (табл. 2) [2].

Таблица 2. Снижающие факторы для ограничительных кривых EEDI

Тип судна	Дедвейт, т	Этап 0 1/01/2013 - 31/12/2014	Этап 1 1/01/2015 - 31/12/2019	Этап 2 1/01/2020 - 31/12/2024	Этап 3 с 1/01/2025
Балкеры	> 20000	0 %	10 %	20 %	30 %
	10000-20000	–	0-10%	0-20%	0-30%
Газовозы	> 10000	0 %	10 %	20 %	30 %
	2000-10000	–	0-10%	0-20%	0-30%
Танкеры и грузопассажирские суда	> 20000	0 %	10 %	20 %	30 %
	4000-20000	–	0-10%	0-20%	0-30%
Контейнеровозы	> 15000	0 %	10 %	20 %	30 %
	10000-15000	–	0-10%	0-20%	0-30%
Универсальные грузовые суда	> 15000	0 %	10 %	15 %	30 %
	3000-15000	–	0-10%	0-15%	0-30%
Рефрижераторы	> 5000	0 %	10 %	15 %	30 %
	3000-5000	–	0-10%	0-15%	0-30%

Для снижения выбросов оксидов углерода на судах предусматривается план управления энергетической эффективностью, подлинность и правильность которого подтверждаются соответствующими сертификатами классификационных обществ. Наличие подобного плана позволяет также улучшить комплексный показатель оценки эмиссии с судов (Environmental Ship Index – ESI) [3]. Введение ESI – инициатива администрации крупных портов в рамках международной климатической программы. Судовладельцы и судоходные компании проходят сертификацию на ESI на добровольных началах. Наличие сертификата ESI дает ряд преференций судам при заходе в порты, которые присоединились к данной инициативе (это порты Европы, Азии, Северной Америки и Ближнего Востока) [4]. Например, порт Гамбурга предоставляет 10% скидки портового сбора, если значение ESI в сертификате составляет выше 20. При этом наличие судового плана управления энергетической эффективностью оценивается в 10 баллов при расчете ES.

Выводы:

- исследования ИМО, направленные на оценку выбросов различных парниковых газов (кроме CO₂) со стороны международного судоходства, свидетельствует о возможности расширений перечня законодательно регламентируемых компонентов атмосферной эмиссии;
- постепенное четырехэтапное введение нормативов на выбросы диоксида углерода, определяемых индексом энергетической эффективности, предполагает снижение эмиссии данного компонента уходящих газов на 30% для основных групп судов к 2025 г.;
- наличие на судне плана управления энергетической эффективностью, направленное на снижение различных категорий нормируемых выбросов, стимулируется путем предоставления скидок на портовые сборы в разных странах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Third IMO GHG Study 2014. Executive Summary and Final Report [Electronic resource]. – London: IMO, 2015. – Mode of access: <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Documents/Third%20Greenhouse%20Gas%20Study/GHG3%20Executive%20Summary%20and%20Report.pdf>.
2. Implementing Energy Efficiency Design Index [Electronic resource]. – Mumbai: Indian Register of Shipping, 2015. – Mode of access: http://www.irclass.org/files/marine_publications/EEDI_2015.pdf.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ГИДРОДИНАМИКИ И ТЕПЛООБМЕНА В ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТАХ НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ

¹Горобец В.Г., ²Богдан Ю.А., ¹Троханяк В.И., ¹Антипов Е.А.

¹*Национальный университет биоресурсов и природоиспользования Украины (Украина)*

²*Херсонская государственная морская академия (Украина)*

Введение. Одним из важнейших направлений энерго- и ресурсосбережения на современном этапе развития судовой энергетики является разработка более совершенного теплообменного оборудования, входящего в состав энергетических установок. Совершенствуя теплообменное оборудование можно достигнуть более надежной его работы, удобства эксплуатации, долговечности, улучшить теплогидравлическую эффективность, компактность и массогабаритные характеристики, а соответственно и показатели энергетической установки в целом.

Актуальность исследования. Кожухотрубные теплообменные аппараты (ТА), нашли широкое применение в судовой энергетике, благодаря простоте конструкций, малому гидравлическому сопротивлению, достаточно высокой эффективности и долговечности. Повышение эффективности таких ТА напрямую зависит от геометрии и компоновки основного их элемента – трубного пучка. Известно, что для кожухотрубных ТА максимальная теплоотдача в трубных пучках наблюдается при перекрестном токе теплоносителей, т. е. при поперечном обтекании их пучков. Проведено значительное количество исследований посвященных гладкотрубным пучкам с применением труб удобообтекаемой формы [1], а также с различной геометрией и компоновкой в пучках [2]. В то же время количество исследований посвященных процессам гидродинамики и тепло-массопереноса в компактных гладкотрубных пучках, в частности, с трубами малого диаметра, которые образуют ряды с минимальными межтрубными интервалами, весьма незначительно.

Целью работы является получение данных численного моделирования и экспериментальных исследований процессов теплообмена и гидродинамики, протекающих в каналах компактных пучков труб малого диаметра и выполнении их сравнительного анализа с пучками труб известных компоновок.

Методология и результаты исследований. Численное моделирование процессов теплообмена и гидродинамики в исследуемых пучках труб проводилось на основе метода конечных элементов с помощью программного пакета ANSYS Fluent. Математическая модель процессов тепло- и массопереноса, которые протекают в исследуемом аппарате при двухмерной (2D) постановке включает в себя систему уравнений Навье-Стокса, уравнение переноса энергии для конвективных течений и стандартную $k-\varepsilon$ модель турбулентности. Численные расчеты в исследуемых пучках труб проведены для пяти режимов работы двигателя при частоте вращения коленчатого вала n 600, 800, 1000, 1200 и 1500 об/мин. В результате численного моделирования процессов гидродинамики и теплообмена, протекающих в каналах исследуемых пучков труб получены локальные распределения поля скоростей, температур и давлений, а также получены зависимости теплообменных характеристик от динамических и теплофизических параметров теплоносителя, в том числе локальных распределений коэффициентов теплоотдачи по окружности труб 1-4-го рядов первого пучка.

Для проведения экспериментальных исследований создана когенерационная установка с утилизатором теплоты отработанных газов новой конструкции [3], который установлен на линии газовыпускного тракта поршневого двигателя внутреннего сгорания марки ЗД6 (6Ч15/18). При проведении экспериментов сбор и обработка данных измеряемых

параметров осуществлялся с помощью автоматизированного компьютерного комплекса, в основу которого, положено измерительное оборудование предприятий «Регмік» и «Овен».

Поверхность нагрева исследуемого ТА имеет следующие характеристики: диаметр и толщина гладких труб – $d \times \delta = 0,010 \times 0,001$ м; эквивалентный диаметр межтрубного канала – $D_{кан.экв} = 9,67$ мм; длина труб – $l = 0,150$ м; эквивалентный диаметр кожуха – $D_{кож.экв.} = 0,150$ м; суммарная для двух тепловоспринимающих участков поверхность нагрева – $H = 1,602$ м². Экспериментальные исследования для разработанного ТА проводились для пяти режимов работы двигателя при частоте вращения коленчатого вала 600, 800, 1000, 1200 и 1500 об/мин. В результате изменения режимов работы двигателя изменялся расход отработанных газов $G_1 = 0,218 \div 0,328$ кг/с, интервал значений чисел Re при этом варьировался в диапазоне 3000÷6000. Расход воды был принят постоянным и равен $G_2 = 0,175$ кг/с. Результаты исследований течения и теплообмена в пучках труб ТА новой конструкции оценивались путем сравнения полученных экспериментальных данных с результатами численного моделирования и известными экспериментальными данными, которые получены другими исследователями. Основные результаты исследований представлены в виде графических зависимостей на рисунке 1 для чисел Рейнольдса в диапазоне $Re = 3000 \div 6000$ и числа Прандтля $Pr = 0,73$.

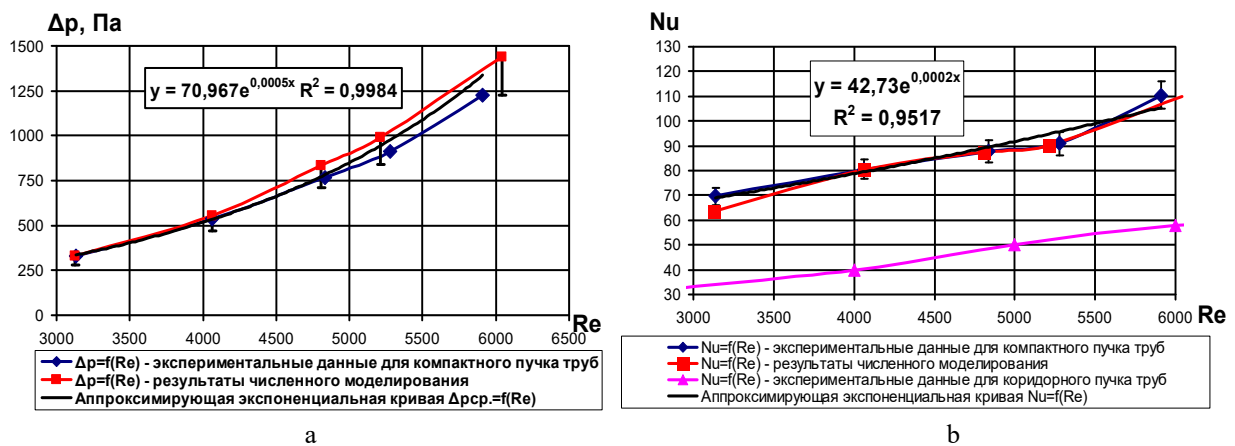


Рисунок 1. Зависимость перепада давления отработанных газов Δp (а) и среднего числа Нуссельта \bar{Nu} (б) от числа Рейнольдса Re : \blacklozenge – экспериментальные данные для компактного пучка труб; \blacktriangle – экспериментальные данные для коридорного пучка труб; \blacksquare – результаты численного моделирования

Выводы. Исходя из результатов проведенных исследований показано, что предложенная конструкция ТА с компактным трубным пучком имеет высокую эффективность, которая существенно превышает тепловую эффективность кожухотрубного теплообменника с традиционной коридорной компоновкой труб.

ЛИТЕРАТУРА

1. Pis'mennyi E.N. Ways for Improving the Tubular Heaters Used in Gas Turbine Units / E.N. Pis'mennyi // Thermal Engineering. – 2012. – Vol. 59, Issue 6. – P. 485–490.
2. Анисин А.А. Повышение энергетической эффективности пучков гладких труб и профилированных каналов для газо-жидкостных теплообменных аппаратов энергетических установок: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.14.04 / А.А. Анисин; Санкт-Петербургский государственный политехнический университет. – СПб.: 2009. – 42 с.
3. Патент UA 104559, F28D 7/00 (2014.01). Теплообмінний апарат / Горобець В.Г., Богдан Ю.О.; заявник Горобець В.Г., Богдан Ю.О. - № а 201303816; заявл. 27.03.2013; опубл. 10.02.2014, Бюл. №3, 2014 р. – 2 с: іл.

УТИЛИЗАЦИОННЫЙ КОНТУР С АККУМУЛЯТОРАМИ ТЕПЛОТЫ ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДА ДЛЯ КОГЕНЕРАЦИОННЫХ УСТАНОВОК СУДОВ ТОРГОВОГО ФЛОТА

¹Горобец В.Г., ¹Антипов Е.А., ²Богдан Ю.А., ¹Троханяк В.И.

¹*Национальный университет биоресурсов и природоиспользования Украины (Украина)*

²*Херсонская государственная морская академия (Украина)*

Введение. В настоящее время использование в качестве топлива на судах нефтепродуктов вызвано в основном относительной их дешевизной, широко развитой инфраструктурой переработки и распространения потребителям, но рост цен на бункеровочное топливо и ужесточение норм выбросов вредных веществ в атмосферу с судов накладывают свои ограничения на его применение. Решение вышеуказанных проблем возможно за счет снижения расхода топлива на судне путем полезного использования теряемой теплоты в энергетических процессах судовой энергетической установки полностью или частично работающей по способу когенерации – комбинированного производства двух видов энергии, таких как механическая или электрическая и тепловой от одной энергетической установки при использовании одного первичного источника энергии. Практически отсутствуют научные исследования схем утилизационных контуров с элементами аккумулирования теплоты для энергетических установок торговых судов, об этом также отмечено в работе [1], где проводится предварительное исследование применения системы аккумулирования теплоты на торговых судах и влияния основных параметров на эффективность работы данной системы.

Актуальность исследования. Тепловое аккумулирование нашло широкое применение в различных отраслях народного хозяйства: в энергетике, промышленности, сельском хозяйстве, транспорте. Применение теплового аккумулирования на водном транспорте вызывает свой интерес, поскольку проблемы снятия пиков и провалов производства и потребления тепловой энергии, временного несоответствия между производимой тепловой энергией и потребностями в ней, компенсацией кратковременной неравномерности расхода тепловой энергии и рационального ее использования во время стоянки судна в порту или на рейде при ожидании погрузки или разгрузки остаются нерешенными.

Целью работы является аналитическое исследование применения тепловых аккумуляционных аппаратов фазового перехода в утилизационных контурах КГУ на судах на основе имеющихся результатов численного моделирования и экспериментальных исследований, а также результатов полученных другими авторами.

Результаты исследования. Предварительные исследования проведенные F. Baldi и др. [1] показывают, что установка системы аккумулирования теплоты на судне уменьшает расход топлива вспомогательной котельной установкой на 80 % и дает значительный годовой экономический эффект, при этом в качестве теплоаккумулирующего материала (ТАМ) используется жидкость (термическое масло). Применяя тепловые аккумуляторы фазового перехода с твердотельными ТАМ можно существенно снизить габариты теплоаккумулирующей системы при той же тепловой мощности, исходя из результатов численных и экспериментальных исследований процессов тепло и массопереноса протекающих в таких аккумуляторах [2] в 7-9 раз.

Известно, что на судах наибольшие потери теплоты имеют место при работе двигателей внутреннего сгорания (ДВС), поэтому в целях энергосбережения на их базе целесообразно создать эффективный теплоутилизационный контур, который совместно с двигателем образует КГУ. Проанализировав тепловые потери ДВС можно констатировать, что весьма значительными являются потери с отработанными газами (ОГ) и потери теплоты с охлаждающей жидкостью (ОЖ). Так как температуры ОГ (250-550 °С) и ОЖ (80-95 °С) существенно отличаются, друг от друга предлагается в контур утилизации включить два аккумулятора теплоты высокотемпературный и низкотемпературный. Технологическая

схема утилизационного контура КГУ на базе ДВС с применением высокотемпературного и низкотемпературного аккумуляторов теплоты фазового перехода представлена на рис. 1.

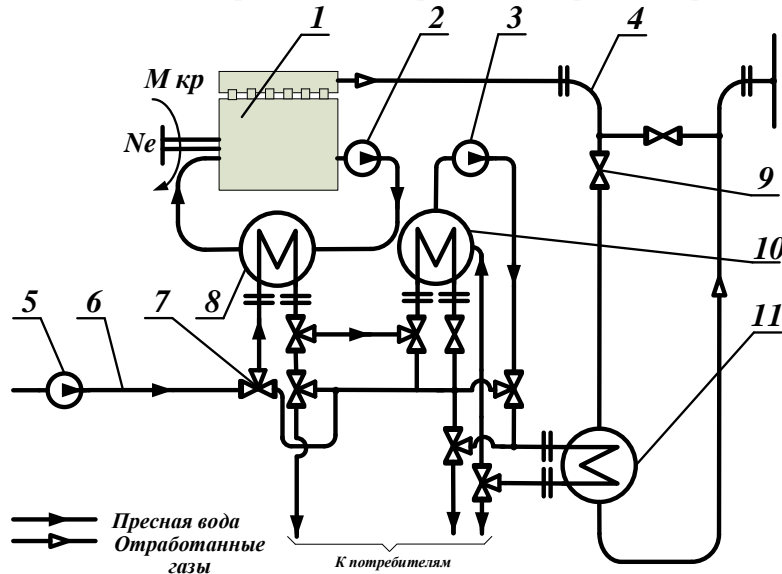


Рисунок 1. Технологическая схема утилизационного контура КГУ на базе ДВС с применением высокотемпературного и низкотемпературного аккумуляторов теплоты фазового перехода: 1 – поршневой двигатель внутреннего сгорания; 2 – насос циркуляционный низкотемпературного аккумуляционного контура; 3 –насос циркуляционный высокотемпературного аккумуляционного контура; 4 – трубопровод выпускных газов; 5 – насос подачи пресной воды; 6 – трубопровод пресной воды; 7 – клапан трехходовой; 8 – аккумулятор теплоты фазового перехода, низкотемпературный; 9 – клапан запорный; 10 – аккумулятор теплоты фазового перехода, высокотемпературный; 11 – кожухотрубный теплообменный аппарат – утилизатор теплоты ОГ.

Предложенная схема позволит обеспечить нужный темп отдачи тепловой энергии к потребителям, что позволяет решать основную проблему аккумулирования теплоты, связанную с резким падением отдаваемой тепловой энергии.

Выводы. В результате проведенных исследований определено, что более целесообразным в утилизационном контуре КГУ будет применение аккумуляторов с фазовым переходом из-за меньших в 7-9 раз массогабаритных показателей по сравнению с жидкостными аккумуляторами теплоты. Предложен утилизационный контур с аккумуляторами теплоты фазового перехода для КГУ на базе ДВС судов торгового флота, разработаны разные конструкции солевых и парафиновых тепловых аккумуляционных аппаратов, которые работают как в высокотемпературном, так и в низкотемпературном диапазоне источников тепловой энергии. Применение высокотемпературных и низкотемпературных аккумуляторов теплоты соединенных параллельно или последовательно позволяет обеспечить нужный темп отдачи тепловой энергии в требуемом диапазоне температур и расходе теплоносителя.

ЛИТЕРАТУРА

1. A preliminary study on the application of thermal storage to merchant ships / F. Baldi, C. Gabrielli, F. Melino, M. Bianchi // The 7th International Conference on Applied Energy – ICAE 2015. Energy Procedia, Volume 75, August 2015, - P. 2169-2174. Режим доступа: http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleListURL&_method=list&_ArticleListID=1048396896&_sort=r&_st=13&view=c&md5=daf157f20b0816ab1e7dfc1dd13c05cf&searchtype=a

2. Новітні акумулятори теплової енергії на основі фазоперехідних теплоакумуючих матеріалів // Звіт про виконання НДР / НУБіП України, керівник В.Г. Горобець. Київ, 2015. – 108 с.

АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ СУДОВОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПРИ НЕСИНУСОИДАЛЬНОМ НАПРЯЖЕНИИ ПИТАНИЯ

Данык В.В., Ищенко И.М.

Херсонская государственная морская академия (Украина)

Введение. Современный этап развития судового электропривода характеризуется широким внедрением систем частотного управления приводных двигателей. Источниками электроэнергии в таких системах применяются полупроводниковые преобразователи электроэнергии на основе силовых полевых транзисторов (MOSFET), биполярных транзисторов с изолированным затвором (IGBT), запираемых тиристоров с полевым управлением (MCT). Гармонический анализ выходного напряжения таких преобразователей показывает, что в них коэффициент несинусоидальности кривой напряжения составляет более 30%. Это недопустимо для работы большинства бортовых приемников электроэнергии.

Актуальность исследований. Улучшение спектрального состава выходного напряжения преобразователей обычно достигается путем широтно-импульсной (ШИМ) или амплитудно-импульсной (АИМ) модуляции исходного прямоугольного напряжения. Однако при этом значительно увеличиваются потери в преобразователях, что снижает энергетические показатели систем и вызывает необходимость применения в них интенсивных систем охлаждения. Это снижает надежность их работы и усложняет эксплуатацию. В связи с этим особый интерес представляют исследования работы силового электропривода с асинхронными двигателями при питании несинусоидальным напряжением. Выходное напряжение преобразователей частоты является периодической функцией, симметричной относительно временной оси. Поэтому в общем случае напряжение содержит только нечетные гармонические, а четные отсутствуют. Определяют наличие первой и высших гармонических тока двигателя. Высшие гармоники тока – временные гармонические. Они создают высшие пространственные гармонические магнитного поля, которые образуют либо вращающиеся, либо пульсирующие поля. Рассмотрим только основные гармонические поля, созданные ν -ми гармоническими тока, т.е. гармонические поля с номером ν , так как амплитуды гармонических поля более высокого порядка, созданные той же ν -й гармонической тока, пренебрежимо малы.

Относительная частота основной гармонической вращающегося магнитного поля от ν -й гармонической тока

$$f_{1\nu\omega} = \frac{f_{1\nu}}{f_{1\omega}} = \frac{\nu f_1}{f_{1\omega}} = \nu f_{1\omega} . \quad (1)$$

Скольжение ротора в поле ν -й гармонической

$$s_{\nu} = \frac{f_{1\nu\omega}}{f_{1\nu}} . \quad (2)$$

С другой стороны,

$$s_{\nu} = \frac{(\pm n_{1\nu} - n_2)}{\pm n_{1\nu}} = \frac{[\pm \nu n_1 - n_2(1-s)]}{\pm \nu n_1} = 1 \mp \frac{(1-s)}{\nu} , \quad (3)$$

где $n_{1\nu}$ – частота вращения ν -й гармонической поля, созданного ν -й гармонической тока статора; n_2 – частота вращения ротора АД; n_1 – частота вращения первой гармонической поля.

В выражении (3) знак «-» относится к полю прямого вращения, а «+» - к полю обратного вращения.

Из (1 - 3) имеем

$$f_{s\nu\omega} = \nu f_{1\omega} \mp (1-s) f_{1\omega} = f_{1\omega} (\nu \mp 1) \pm f_{s\omega} . \quad (4)$$

С учетом (1), (2) и (4) формулы для расчета характеристик гармонических двигателей, полученные на основании их схем замещения, имеют следующий вид:

$$D_{1v} = (d_2/f_{2v})^2 + (1 + \tau_2)^2; \quad r_{2v} = x_0(d_1 D_{1v} + d_2 f_{1v}/f_{2v})/D_{1v};$$

$$x_{2v} = x_0 f_{1v} (1 + \tau_2) (1 - 1/D_{1v}); \quad Z_{2v} = \sqrt{r_{2v}^2 + x_{2v}^2}/Z_{2v}.$$

В системе относительных единиц

$$U_{1v} = U_{1v}/U_{1v}; \quad (5)$$

$$I_{1v} = \frac{i_{1v}}{I_{1v}} = \frac{v_{1v}}{Z_{1v}} = I_{1v} (U_{1v}/U_{1v}) (Z_{1v}/Z_{1v}), \quad (6)$$

где U_{1v} и I_{1v} – v -е гармонические составляющие напряжения и тока статора;

$$\cos \varphi_{2v} = r_{2v} / \sqrt{r_{2v}^2 + x_{2v}^2};$$

$$M_{2v} = \frac{U_{1v}^2}{f_{2v}} \frac{(d_1 + d_2)^2 + (\tau_1 + \tau_2)^2}{f_{2v} (d_1 + d_2 f_{1v}/f_{2v})^2 + (\tau_1 + \tau_2)^2 f_{2v}^2}.$$

Выражения для действующих значений фазного напряжения и тока электродвигателя в относительных единицах получим из (5) и (6):

$$U_{1v} = \sqrt{\sum_1^v U_{1v}^2} \quad I_{1v} = \sqrt{\sum_1^v I_{1v}^2}$$

Среднее значение электромагнитного момента АД равно сумме моментов гармонических двигателей. Моменты M_{2v} , создаваемые взаимодействием высших гармонических магнитного поля и активного тока ротора, также малы. Это объясняется тем, что токи ротора от высших гармонических поля невелики и носят в основном реактивный характер. Расчеты показывают, что при $v \geq 5$ моменты $M_{2v} = (0,02 + 0,05)M_{(1)}$. Моменты M_{2v} могут быть добавочными (так называемые паразитные асинхронные моменты), возникающими при взаимодействии токов и магнитных потоков одной гармонической, и пульсирующими, возникающими при взаимодействии токов и потоков различных гармонических (главным образом потоков первой с токами высших гармонических). В зависимости от направления вращения поля v -й гармонической добавочные моменты складываются с $M_{(1)}$, или вычитаются; по этой причине их суммарное воздействие на моменты, а значит, и на энергетические характеристики АД можно не учитывать.

Пульсирующие моменты проявляются в виде пульсаций угловой скорости ротора в пределах одного оборота. Среднее значение пульсирующего момента равно нулю, и поэтому пульсирующие моменты не влияют на формирование энергетической характеристики. Коэффициент мощности для каждой из высших гармонических составляющих мал. Но они сами оказывают влияние на коэффициент мощности АД.

Как показывают расчеты и исследования из-за несинусоидального напряжения увеличиваются потери в стали. Потери на гистерезис, пропорциональные квадрату амплитуды магнитной индукции, увеличиваются примерно на 0,5%. Потери от вихревых токов составляют не более 40% в стали, их увеличение составляет примерно 3,6%, а общие потери в стали – не более 4%. Если принять, что потери в стали составляют примерно 30% суммарных потерь машины, то ее к.п.д. потери в стали снизят всего на 0,1%, то есть снижение к.п.д. из-за высших гармоник незначительно.

Анализ судовых систем электропривода большой мощности показывает, что в большинстве случаев питание частотно управляемых асинхронных двигателей в таких системах как гребные установки, подруливающие устройства, компрессоры и т.п. обычно осуществляется от отдельных преобразователей частоты. На основе проведенных исследований можно сделать вывод о целесообразности обеспечения питания указанных систем от преобразователей с несинусоидальным (прямоугольным) выходным напряжением.

Вывод. Для повышения энергетических показателей и надежности работы судовых систем силового электропривода с асинхронными двигателями их питание целесообразно обеспечивать от преобразователей частоты без использования ШИМ.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТОПЛИВА ИЗ ОТХОДОВ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

¹Карманов В.В., ²Овдей В.Н.

¹*Херсонский национальный технический университет (Украина)*

²*Херсонский государственный университет (Украина)*

В связи с повышенным спросом на экологически чистое топливо, который происходит на фоне постоянного роста цен на энергоресурсы, утилизация отходов растительного происхождения, биомассы, становится высокорентабельным способом экономии энергоресурсов.

Одним из способов брикетирования, гранулирования, изготовления пеллетов является прессование и формование, выполняемое на прессах формователях. Процесс создания и удержания формы основан на спекании лигнина, который выделяется при нагреве под давлением из растительных клеток.

В основе технологии производства топлива лежит процесс шнекового прессования отходов (костры льна, конопли, соломы, шелухи подсолнечника, гречихи и т.п.) или мелко измельченных отходов древесины (опилок) под высоким давлением при нагревании от 160 до 350 С°. Получаемые топливные брикеты не включают в себя никаких связующих веществ, кроме одного натурального - лигнина, содержащегося в клетках растительных отходов. Сам по себе лигнин присутствует в достаточных количествах в любом виде древесины (кроме коры), шелухе семян, соломе, костре льна и даже в скорлупе грецкого ореха и т.п. Его спекание в брикете обеспечивает изоляцию брикета от доступа атмосферной влаги и высокую твердость. Температура прессования, способствует оплавлению поверхности брикетов, которая благодаря этому становится более прочной, что важно для транспортировки брикета.

При недостаточном содержании лигнина в сырье, сформированный брикет выходит из выходного отверстия рабочего органа и сразу разваливается на куски.

Также следует обратить внимание на подготовку сырья к брикетированию. Сырье необходимо досушивать до влажности 8-12%. Излишнее пересушивание приводит к испарению из сырья природного полимера – лигнина. А при влажности сырья выше - 12%, в зоне разгрузки рабочего органа из-за высокой температуры формируется «паровая пробка», которая приводит к выстреливанию сырья из рабочего органа без формирования брикета.

Основная технологическая машина для производства топливных брикетов, гранул, пеллет – пресс и формователь, состоящий из нескольких основных узлов: корпуса, оснащенного нагревательными элементами, рабочего органа, размещенного в корпусе, профилирующей матрицы, узла загрузки перерабатываемого продукта, силового привода, системы задания и поддержания температурного режима и других контрольно-измерительных и регулирующих устройств.

Наиболее ответственным узлом является комбинированный шнек - винт специальной конструкции, который состоит из отдельных заменяемых элементов различной конфигурации. Именно шнек - винт определяет режимы обработки материалов, производительность машины и качество готового продукта.

В настоящее время зарубежная промышленность предлагает широкий спектр машин - от лабораторных до высокопроизводительных промышленных установок различных конструкций и модификаций для удовлетворения все возрастающих требований к качеству и ассортименту выпускаемой продукции.

Анализ техники и технологии прессов и формователей западных стран позволил систематизировать важнейшие типы этих машин и классифицировать их по определенным признакам, что, на наш взгляд, наиболее полно отражает сущность процесса и является

важным вспомогательным материалом при проектировании современных установок для выработки новых видов продукции.

По типу основного рабочего органа пресса подразделяют на одно- и двухшнековые, многошнековые, дисковые, поршневые, валковые, винтовые, шестеренные и комбинированные. Конструкции прессов также могут быть классифицированы: по частоте вращения рабочего органа - на нормальные и быстроходные; по конструктивному исполнению - на стационарные, с вращающимся корпусом, с горизонтальным расположением рабочего органа, с вертикальным расположением рабочего органа; по физическим признакам - с коротким шнеком (автогенные), с большим уклоном режущей кромки матрицы, с незначительным уклоном режущей кромки матрицы.

Кроме того, пресса рекомендуется классифицировать по геометрической форме, механическим, функциональным или термодинамическим характеристикам, поскольку они оказывают влияние на химические и структурные характеристики продуктов топлива. Особое значение имеют такие параметры, как количество тепловой энергии, образующейся в процессе прессования за счет механического преобразования энергии; температура во время ведения процесса; влажности перерабатываемой массы.

Одношнековые пресса имеют как свои достоинства, так и недостатки. Они проще в изготовлении, относительно дешевы, восстанавливаемые их рабочие органы, но по некоторым параметрам сложны в эксплуатации. Недостатками одношнековых прессов является плохое смешивание обрабатываемого продукта, отсутствие принудительного транспортирования и самоочистки. В таких прессах чаще возникают скачки давления из-за накопления продукта; переход с одного сырья на другое затруднен тем, что камеру и шнек необходимо очищать, а значит, нужно разбирать пресс. Более высокие расходы по эксплуатации одношнековых машин связаны с длительными простоями при чистке, большими трудозатратами и объемом работ по обслуживанию.

Двухшнековые машины сложны конструктивно (вследствие чего потребляют на 20...50% больше энергии, а стоимость их выше на 60%). Применение двухшнекового пресса не требует предварительной гидрохимической обработки продукта, что упрощает производственный процесс.

Конечным продуктом прессования и формования являются небольшие брикеты, гранулы, пеллеты определенной геометрической формы, имеющие температуру на выходе не меньше $90^{\circ}\text{C} \pm 110^{\circ}\text{C}$. При таких температурах может происходить слеживание продукта в накопительном контейнере, с образованием слипшихся кусков агломератов, что ведет к потере продукта, и может вызвать нарушение в технологической линии. Поэтому целесообразно обеспечить охлаждение продукта после формования. Рациональным вариантом является совмещение процесса сушки и охлаждения с утилизацией тепла продукта и с получением горячей воды за счет такой тепло утилизации.

Известно, что применительно к целому ряду гетерогенных процессов тепловой обработки крупнозернистых материалов рациональным является подвод или отвод тепла с помощью поверхностных теплообменников, погружаемых в кипящий или фонтанирующий слой этого материала. При таких компоновочных решениях предотвращается прямой контакт теплоносителя или хладагента со слоем, аппарат может работать при более низких числах псевдо оживления за счет интенсивного кондуктивного теплообмена, и в результате уменьшается на 30% расход электроэнергии на воздуходувные устройства. Поэтому такого типа аппаратное оформление обеспечивает и экономическую, и экологическую эффективность, которая достигается за счет уменьшения пылеуноса.

ХАРАКТЕРИСТИКА ОТХОДОВ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ТОПЛИВА

¹Карманов В.В., ²Овдей В.Н.

¹*Херсонский национальный технический университет (Украина)*

²*Херсонский государственный университет (Украина)*

При переработке растительного сырья (в дальнейшем биомассы), таких как лубяные культуры, древесина, солома, шелуха масленичных культур и других, остаются отходы, накопление которых засоряет территории, нарушают экологическую обстановку окружающей среды. Одним из решений утилизации отходов биомассы является изготовление из нее топливных брикетов, гранул, пеллет.

Растительные материалы отличаются большим многообразием. Это ветки, стебли, корни, листья, цветки, плоды, клубни, зерна, колосья, семена, семенные коробочки, мякина, солома и др. Мякина и солома - это мелкие частицы, которые образуются во время обмолота растений и деформации стеблей, листочков, соцветий, колосьев, семенных коробочек; они могут содержать также элементы цветков (лепестки, чашелистики, столбики, рыльце, пыльники и др.) и мелкие элементы сорняков.

Рабочим органам машин приходится взаимодействовать как с единичными растительными материалами, так и с их группами, причем последние могут состоять из однородных или разнородных материалов.

Растительные материалы представляют собой определенные конструкции, созданные природой. Так, стебли и ветки имеют трубчатое строение, у колосьев внутри пустоты и т.д. Группы растительных материалов, как правило, имеют рыхлую структуру. Их можно хранить в рыхлом состоянии, однако чаще их подвергают сжатию и обвязыванию, после чего содержат в сжатом состоянии (например, тюки и рулоны, брикеты, гранулы).

Физико-механические свойства характеризуют состояние и строение материалов, а технологические свойства проявляются при силовом воздействии на материалы в процессе механической их обработки и влияют на протекание процесса.

Физико-механические свойства растительных материалов следующие: размерные показатели, плотность, влажность, форма и кривизна, однородность, изотропность, распределение по крупности. К технологическим свойствам растительных материалов относятся гигроскопичность, пластичность, фрикционные свойства, хрупкость, истирающая способность, связность, прочность, слеживаемость, подвижность, углы естественного откоса, сводо-образование, сопротивление деформации различных видов, сопротивление материалов разьединению на составные части и измельчению, аэродинамические свойства в др.

Количественное содержание в материале частиц, различных по крупности определяется распределением по крупности, гранулометрическим составом. Крупность частиц характеризуется их линейными размерами.

Угол естественного откоса материалов определяли при их насыпании и обрушении. Для этих целей разработаны приборы, в которых создаются условия для одновременного насыпания и обрушения материалов.

Размеры растительных материалов во многом зависят от их влажности. При снижении влажности эти размеры уменьшаются, причем у ряда материалов (отходов в виде костры, сорняков, листочков) значительно.

Размерные и урожайные данные некоторых культур указаны ниже.

Полная длина стеблей (см): пшеницы - 45... 130, ржи - 55...215, ячменя - 35... 105, овса - 30... 100, кукурузы - 100...270, подсолнечника - 96... 153, льна-долгунца - 40... 140.

Средняя масса 1000 растений (кг) в период уборки: пшеницы - 1,65...2,51, ржи -2,16. Средняя масса одного растения (кг): кукурузы - 0,35...0,55, подсолнечника -0,40...0,45, льна-долгунца - 0,0005... 0,0025.

Форма единичних матеріалів може бути самою різною. Стронування коренів і ветоу ветвистое, а центрального ствола і побегов - трубочатое. Стебли і цветоносы имеют цилиндрическую (точнее, слегка конусную) форму с полостями внутри, листья, цветки, элементы цветков (кроме пыльников) - почти плоскую форму различной конфигурации. Форма плодов обычно шарообразная, эллипсоидная или близкая к ним, а семенных коробочек - шарообразная.

Плотность материала для прессования характеризуется отношением массы абсолютно сухой пробы материала к занимаемому объему. Растительные материалы вследствие особенностей своей конструкции являются неоднородными. Так, корни, стебли, ветки и побеги представляют собой трубочатые конструкции с полостью внутренней частью, причём стенки труб содержат слои древесины и эпидермиса, сердцевину и другие слои. При определении плотности материала учитывается занимаемый им в целом объём, включая и полую часть.

Значения плотности зависят от сорта культуры, условий произрастания, сроков уборки и многих других факторов.

Влажность. Растительный материал может содержать влагу в следующих видах: конституционную, химически связанную с его веществом; гигроскопическую, впитываемую из окружающего воздуха, и внешнюю, образующую водяную пленку на поверхности материала (молекулярная влага) или заполняющую свободные пространства между частицами (гравитационная вода). Материалы, содержащие внешнюю влагу относятся к влажным. Если же в них имеется только конституционная и гигроскопическая влага, то их считают воздушно-сухими.

Относительная влажность растений на корню весьма значительна - 30...80%. К моменту уборки она может уменьшиться до 14...15%.

Однородность. Группы растительных материалов обладают определенной неоднородностью. Лишь отдельные группы в известной степени можно считать однородными. Сравнительно однородными материалами можно считать группы зерен, семян, семенных коробочек, плодов, а также параллельно уложенные стебли одинакового диаметра, группы же остальных растительных материалов (в том числе группы непараллельно уложенных стеблей) являются неоднородными.

Изотропность растительных материалов связана с их однородностью. Изотропными, т. е. с одинаковыми свойствами во всех направлениях, можно считать группы зерен, семян, семенных коробочек и плодов, а также группы параллельно уложенных стеблей, если иметь в виду свойства в плоскости, перпендикулярной стеблям. Во всех остальных случаях группы материалов являются анизотропными.

Для ряда растительных материалов и отходов их переработки важным показателем является крупность (распределение по крупности). Если взять какой-либо материал и измерить его по трем взаимно перпендикулярным направлениям так, чтобы в одном направлении получился наибольший размер, а в другом — наименьший, то могут быть получены три различных линейных размера - длина, ширина, толщина.

Результаты мониторинга, анализа отходов переработки растительных материалов, лубяных культур и других свидетельствуют о значительных их объемах и необходимости разработки технологии утилизации отходов, которая бы позволяла уменьшить экологическую нагрузку и одновременно получить экологически чистое топливо в виде топливных гранул, пеллет, брикетов.

Топливо из лубяных культур в виде гранул, пеллет и брикетов имеет высокую плотность, прочность, низкую гигроскопичность (накопление влаги), хорошую транспортабельность, обладает достаточно высокой теплотворной способностью и низкой зольностью при сжигании.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ХОЛОДИЛЬНЫХ КОМПРЕССОРОВ С ПРИВОДОМ ЧЕРЕЗ МАГНИТНУЮ МУФТУ

Козьминых Н.А., Василец Д.И.

Национальный университет "Одесская морская академия" (Украина)

Одной из важнейших проблем, возникающих в процессе эксплуатации судового оборудования, является проблема обеспечения надежной работы судовой системы комфортного кондиционирования воздуха.

Как показывает опыт эксплуатации холодильных установок судовых систем комфортного кондиционирования воздуха, наибольшая вероятность утраты хладагента, и соответственно потери герметичности всей системы возможна через сальник коленчатого вала компрессора в месте соединения с электродвигателем. Замена такого сальника влечет за собой разгерметизацию всего компрессора, с последующей дегазацией, после замены сальника, и заполнением хладагентом всей системы, что само по себе трудоёмкий и дорогостоящий процесс.

В системах кондиционирования воздуха, в которых используются холодильные бессальниковые компрессора, проблема потери хладагента через сальник коленчатого вала отсутствует в принципе. Но наряду с таким преимуществом мы сталкиваемся и с некоторыми недостатками, а именно, простая замена подшипников электродвигателя влечет за собой не простой рабочий процесс, с разгерметизацией корпуса, заменой определенного количества прокладок и других элементов, помимо замены подшипников, с последующей дегазацией корпуса, тщательной проверкой всех соединений, и заполнением всей системы хладагентом. А это, тоже довольно трудоёмкий процесс, требующий больших затрат времени и привлечения квалифицированного персонала.

Если исходить из того, что важнейшей задачей при эксплуатации является повышение надежности всей системы, с уменьшением затрат на техническое обслуживание, а также, потерей времени на ТО. Одним из решений, которое может помочь решению проблемы "с сальником", является использование бессальникового компрессора с магнитной муфтой, которой будет соединен компрессор с электродвигателем.

Изначально герметичные бессальниковые соединения с приводом на магнитную муфту нашли свое применение в насосах для химической и нефтехимической промышленности. Один из типов герметичных соединений - это насосы с приводом через магнитную муфту, которые используют постоянную магнитную муфту для передачи крутящего момента на рабочее колесо без необходимости в механическом уплотнении.

Насосы с магнитным приводом, доказали, что являются исключительно надежными по сравнению с обычными герметичными насосами. Эта надежность привела к их широкому использованию повсюду в промышленности, с наработкой на отказ в много раз превышающей наработку герметичных насосов.

Проанализируем возможность использования магнитных муфт в хладоновых поршневых компрессорах.

В компрессорах с приводом через магнитную муфту используется стандартный электродвигатель для управления комплектом постоянного магнита, который располагается на оправке или на узле привода, находящимся за пределами защитной оболочки. Магнитный привод крепится на втором валу, который приводится в движение стандартным двигателем. Внутреннее вращающееся магнитное поле приводит в движение внутренний ротор. Соосный синхронный крутящий момент состоит из двух колец постоянных магнитов как показано на рис. 1.

Компрессор с магнитным приводом не имеет связи между приводным валом компрессора и двигателем привода. Место, обычно занимаемое механическим уплотнением или сальником, занимает магнитный привод. Прикрепленная к обычному компрессору, спираль является задним корпусом или цилиндрической изоляционной

оболочкой, которая уплотняется плоской прокладкой для предотвращения выхода хладагента в окружающую среду. Коленчатый вал устанавливается на подшипниках скольжения внутри изоляционной оболочки, которая также содержит внутренний ротор или приемное кольцо потока.

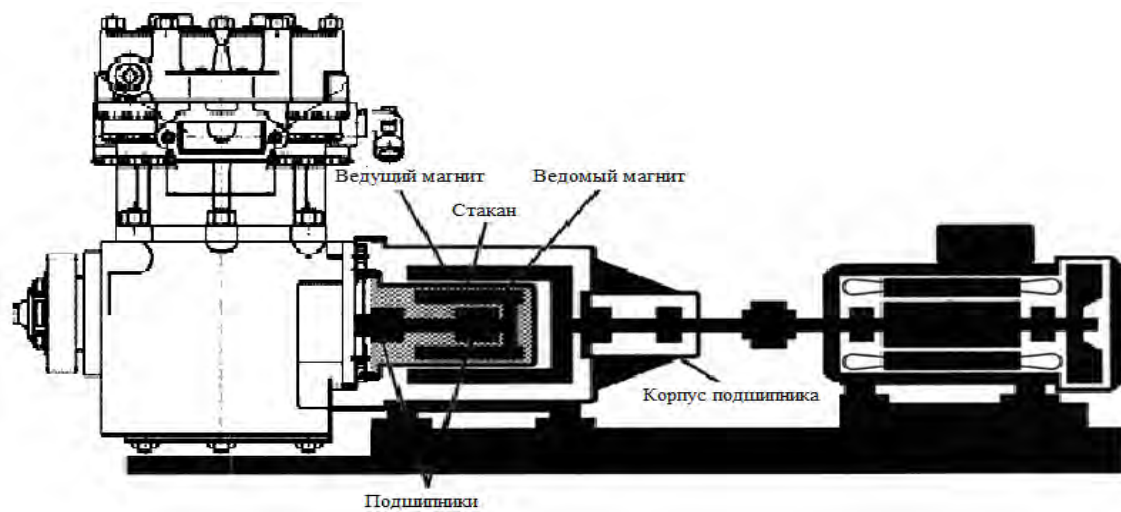


Рисунок 1. Принцип работы герметичных компрессоров с магнитной муфтой

За пределами изолирующей оболочки внешнее магнитное кольцо вращается соответствующим первичным двигателем. Магнитный поток проходит через воздушный зазор и изолирующую оболочку к внутреннему ротору, который следует за внешним ротором без какого-либо физического контакта. Изолирующая или защитная оболочка предотвращает утечку из /в внутреннюю систему и составляет, как правило, 1,5 мм в толщину и изготавливается из высоко коррозионно стойкого материала.

Таким образом, в случае использования холодильного компрессора с безсальниковым соединением, приводящимся в движение с помощью электромагнитной муфты от электродвигателя, мы сможем решить сразу несколько проблем, напрямую влияющих на надежность системы. Первая из которых, предотвращение утечки хладагента через сальник, вторая- отсутствие необходимости в разгерметизации системы, при необходимости ремонта и обслуживания электродвигателя в герметичных корпусах компрессоров. Такие типы соединений значительно сократят время на техническое обслуживание, при этом, требования к квалификации и уровню подготовки персонала, выполняющего техническое обслуживание значительно снижаются.

ЛИТЕРАТУРА

1. Постоянные магниты: Справочник /Альтман А.Б., Герберг А.Н., Гладышев П.А. и др.; Под ред.Ю.М. Пятина. 2-е изд., перераб. и доп.-М.: Энергия, 1980.
2. Кононенко К.Е., Писаревский А.Ю., Магнитные муфты для герметичных машин//Электротехнические комплексы и системы управления. - 2010. - Вып. 4. - С. 24-27.
3. Писаревский А.Ю. Исследование и разработка магнитных муфт для герметичных машин.- Воронеж: ВГТУ, 2009. - 174с.
4. Фурсов В.Б., Писаревский Ю.Б., Кузнецов Н.И. Синхронная магнитная муфта с асинхронным пуском// Электротехнические комплексы и системы управления. – 2015 .- Вып. 1. - С. 3-7.

ВИЗНАЧЕННЯ ДОЦІЛЬНИХ НАПРЯМІВ ДОСЛІДЖЕНЬ ДЛЯ ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕРМОАКУСТИЧНИХ ТЕПЛОВИХ МАШИН

Коробко В.В.

Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова (Україна)

Вступ. Ефективне використання теплової енергії є важливою задачею для суспільства, промисловості та транспорту. Вдосконалення теплових двигунів (ТД), технологічних процесів зумовило стійку тенденцію до зменшення температурного рівня скидних теплових ресурсів. В зв'язку з цим, впровадження нових підходів для використання скидних ресурсів стає актуальною задачею. Перспективним напрямом щодо утилізації низькотемпературних (НТ) вторинних енергоресурсів (ВЕР) є застосування термоакустичних теплових машин (ТАТМ) [1,2].

Постановка задачі. На поточний момент ТАТМ є об'єктом численних досліджень. Враховуючи складність робочих процесів в ТАТМ та їх різну природу, доцільно визначити параметри, які в найбільшій мірі впливають на характеристики ТАТМ та можливості їх практичного використання. Саме це є головною метою наявної роботи.

Результати досліджень. На рис. 1 наведена принципова схема основного елемента ТАТМ – модулю термоакустичних перетворень (МТП), який являє собою сукупність рекуперативних теплообмінників та пористої матриці, які розташовані в резонаторі.

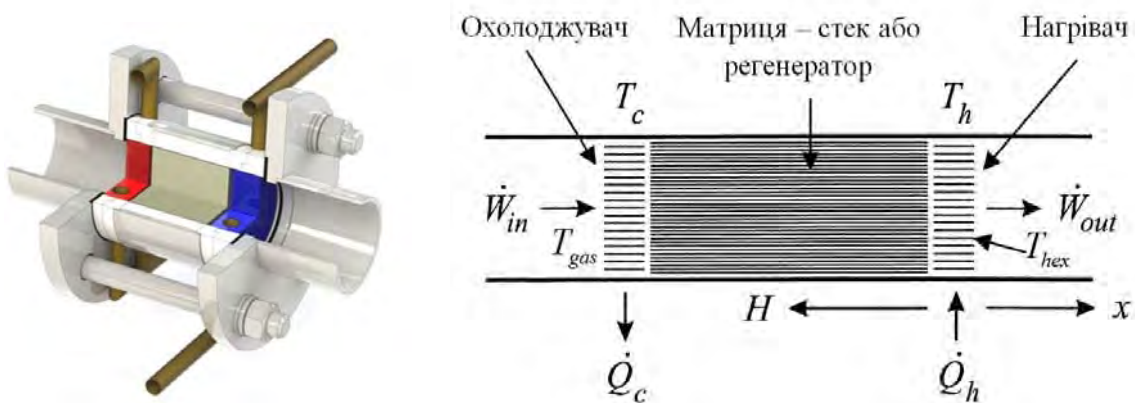


Рисунок 1. Модуль термоакустичних перетворень та потоки енергії в ТАТМ

Теплообмінники забезпечують обмін енергією між робочим тілом ТАТМ, зовнішніми джерелами теплоти та довкіллям. Завдяки теплообмінника в матриці формується поздовжній градієнт температури - dT_m/dx , що є умовою для виникнення акустичних хвиль коливаль. Інтенсивність акустичних хвиль кількісно характеризуються величиною акустичної енергії - E_2 .

$$E_2 = \dot{W}_{out} - \dot{W}_{in} = \dot{Q}_h - \dot{Q}_c \quad (1)$$

$$E_2 = \frac{1}{2} Re[\rho_1 \bar{U}_1], \quad (2)$$

Можна вважати, що матриця МТП працює як своєрідний «термоакустичний» підсилювач, коефіцієнт підсилення якого залежить від поздовжнього градієнту температур та особливостей матриці. Згідно лінійної теорії термоакустики акустичну потужність, яку продукує або поглинає елементарний канал матриці (рис.1) довжиною dx , можна визначити, як

$$\frac{dE_2}{dx} = -\frac{r_v}{2} |U_1|^2 - \frac{1}{2r_k} |p_1|^2 + \frac{1}{2} Re[g\tilde{p}_1 U_1] \quad (3)$$

де - U_1 - об'ємна швидкість осцилюючого середовища; ρ - щільність робочого середовища; r_v - в'язкісна складова акустичного опору; r_k - терморелаксаційна складова; T_m - осереднена температура середовища, f_k та f_v - термоакустичні функції Ротту, які враховують геометричні характеристики каналів в пористій матриці.

В цьому виразі перші дві складові завжди являють собою дисипативні члени різної природи, а третя - комплексний коефіцієнт «підсилювання» об'ємної швидкості який встановлює інтенсивність та «напрямок» термоакустичних перетворень

$$g = \frac{f_k - f_v}{(1 - Pr)(1 - f_v)} \frac{1}{T_m} \frac{dT_m}{dx}, \quad (4)$$

Аналізуючи вирази (3) та (4), можна бачити, що можливості подальшого вдосконалення характеристик ТАТМ за рахунок матриці обмежені, оскільки вимоги до її оптимальних геометричних та теплофізичних характеристик однозначно визначені у [1-3].

В термоакустиці важливим є поняття повного потоку енергії H_2 , оскільки саме ця теплова енергія задіяна в термоакустичних перетвореннях (1)

$$\dot{H}_2 = \frac{1}{2} \text{Re}[\rho_1 \bar{U}_1] + \frac{1}{2} \rho_m T_m \int \text{Re}[s_1 \tilde{u}_1] dA - (Ak + A_{solid} k_{solid}) \frac{dT_m}{dx} \quad (5)$$

Як показано в [2,3], характеристики нагрівача МТП можуть стати обмежуючим фактором для потужності ТАТМ, оскільки теплообмінники формують температурний градієнт та забезпечують потрібний тепловий потік. І зв'язку з цим вдосконалення теплообмінників та пов'язаних з ними зовнішніх систем є вагомим механізмом для підвищення ефективності ТАТМ.

Для практичного впровадження ТАТМ не менш суттєвим є питання перетворення акустичної енергії в механічну або електричну енергію. Зараз використовуються перетворювачі акустичної енергії які основані на зворотно поступальному русі, це лінійні електричні генератори та п'єзоелементи. Ці пристрої не здатні ефективно та надійно працювати в акустичному середовищі, що заважає широкому впровадженню ТАТМ.

В зв'язку з цим, можна вважати доцільним застосування в якості корисного навантаження ТАТМ електрогенераторів з приводом від імпульсних двонаправлених турбін. Як показано в [4], такі імпульсні турбіни здатні ефективно працювати в умовах коливного руху робочого середовища.

Висновки. Проведений аналіз свідчить, що для створення ефективних ТАТМ та термоакустичних систем енергозбереження найбільш доцільними напрямами робіт є дослідження, пов'язані з розробкою спеціальних теплообмінників для МТП та перспективних елементів корисного навантаження - турбогенераторів на базі імпульсних двонаправлених турбін та безколекторних електричних генераторів.

ЛИТЕРАТУРА

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. Аналіз можливостей вдосконалення термоакустичних теплових машин шляхом раціональної організації процесів теплообміну // Авиационно - космическая техника и технология. – №8 (135), 2016. – С. 5-10. ISSN. 1727-7337
3. Коробко В.В. Аналіз впливу конструкції теплообмінників на характеристики низькотемпературних термоакустичних установок // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування №10(1182). 2016. - С. 111-117. ISSN 2078-774X
4. Thakker A., Hourigan F. Modeling and scaling of the impulse turbine for wave power applications // Renewable Energy. 2004. V. 29, no. 3. P. 305–317.

НЕРАВНОВЕСНОСТЬ В КОМБИНИРОВАННОМ ЦИКЛЕ ДВС

Литвиненко В.П.

Азовский морской институт

Национального университета «Одесская морская академия» (Украина)

Введение. Рассматривая вопросы проектирования и эксплуатации судовых дизелей можно отметить определенные несоответствия теоретических положений, лежащих в основе оценки тепловых внутрицилиндровых процессов с результатами, наблюдаемыми на практике. До настоящего времени общей основой охватывающей весь процесс двигателя, по-прежнему остается теория, созданная В.И. Гриневецким. Эта теория не обеспечивает установления зависимостей между основными эксплуатационными качествами двигателей, конструктивными параметрами и режимом их работы.

Актуальность исследования. В современных представлениях процессы, происходящие в цикле двигателей внутреннего сгорания, принято рассматривать в виде обратимой и равновесной системы. Такое условие обратимости проявляется в такте расширения, а равновесность обеспечивается благодаря повторяемости процессов. Так, что существующие методики оценки работы двигателя допускают, что энтропия в цикле дизеля равна нулю. Причем, не учитывается, в каком конкретном положении поршня это условие может быть выполнимым. При таком подходе не принимается во внимание взаимосвязь термодинамического процесса с условиями перемещения поршня в цилиндре и как следствие особенностей взаимодействия внутрицилиндровых процессов с потребителем энергии – двигателем.

Постановка задачи исследования. Процессы, происходящие в дизеле, как собственно и в других тепловых машинах, относятся к разряду неравновесных. В особенности отмечаемое положение относится к крупногабаритным комбинированным двигателям, для которых вопрос о распределении потока энергии по объему цилиндра зависит как от его геометрических размеров, так и от скорости потока энергии и температуры. Неравновесность и необратимость в таких двигателях реализуются с наибольшей вероятностью. В исследовании ставилась задача поиска линии разрыва, положение которой характеризует термодинамический процесс по признаку равенства энтропии и объемной скорости потока энергии, что обеспечит возможность снижения потерь на некомпенсированную рассеянную энергию и позволит определить фазу выпуска отработавших газов с учетом положения поршня в такте рабочего хода двигателя.

Результаты исследований. Исходя из принципа аддитивности внутрицилиндровых процессов осуществлено разделение хода поршня на части, так, чтобы имелась возможность выделить эффективную и пассивную составляющие. Определено равновесное состояние, при котором обосновано использование положений, характеризующих обратимый процесс, как основу расчета дизеля. Такое допущение основывалось на том, что адиабатический процесс является изоэнтропическим при $S = const$ и $Q^e = 0$. Для адиабатического и необратимого процесса, $dS > 0$ и энтропия может только возрастать, а некомпенсированное тепло $dQ' > 0$.

Отмечено, что энтропия у крайних точек цилиндра, которые принято обозначать, как ВМТ и НМТ может быть охарактеризована в виде соотношения: $S_{НМТ} - S_{ВМТ} \geq \int_{H-B} \frac{Q^e}{T}$.

Поэтому, при рассмотрении некоторых близких положений условных точек (А) и (В) можно записать $dS \geq dQ^e / T$ и $TdS \geq dQ^e$ или $TdS = dQ^e + dQ'$. Некомпенсированное тепло - dQ' может быть направлено на привод вспомогательных механизмов. При рассмотрении реальных процессов такое количество тепла определяется по моменту открытия выпускных органов, исходя из условия очистки цилиндров и не принимая во внимание особенностей термодинамических процессов в цикле. На линии разрыва соблюдаются универсальные

условия в виде равенства скоростей потока энергии, связанной с давлением расширяющихся газов и перемещением поршня, что упрощает решение задачи поиска эффективных соотношений за счет возможной дискретизации процессов на линии разрыва. Поверхность выделенного разрыва характерна тем, что функции отображающие условие движения газов подлежат не значительным изменениям по отношению к общепринятым выражениям, [1,2].

Получено выражение, определяющее кинетическую энергию объема сплошной среды в виде:

$$\int_v a v \rho d\tau dt = \int_M d \left(\frac{v^2}{2} \right) dm = d \int_M \frac{v^2}{2} dm = dE \quad (1)$$

где, a – ускорение потока сплошной среды; v – скорость сплошной среды; ρ – плотность сплошной среды.

При условии, что масса потока энергии постоянна $dm = \rho d\tau$, можно записать плотность кинетической энергии среды (E):

$$E = \int_v \frac{\rho v^2}{2} d\tau \quad (\text{Дж/м}^3) \quad (2)$$

Выражение (1) отображает динамику изменения потока энергии в объеме цилиндра и характеризует качество протекания термодинамических процессов. Здесь, скорость перемещения сплошной среды оказывается приведенной к центру масс, поскольку внутрицилиндровые процессы можно считать симметричными. Учитывая неопределенность скорости потока - v , в исследовании использована объемная скорость потока, [3]. Обозначив объемную скорость индексом - $v_{об}$ и воспользовавшись выражением (1), получим:

$$E = \int_v \frac{\rho v_{об}^2}{2} d\tau \quad (\text{Дж}\cdot\text{м}). \quad (3)$$

Выражение (3) позволяет определить градиент мощности, который может быть применим для оценки эффективности преобразования энергии в двигателе и производить сравнительный анализ. В тоже время, если осуществляется расчет потока энергии по выражению (1), то, в этом случае удастся определить интенсивность выделяемой энергии в объеме цилиндра двигателя:

$$\varepsilon = E v_{об} \quad (\text{Дж/с}). \quad (4)$$

Выводы: Полученные результаты расчетов позволяют прийти к выводу о целесообразности использования полученных зависимостей в дальнейших исследованиях направленных на разработку методики проектирования и оценки эксплуатационных свойств двигателей. Причем, применение выражений (1-4) обеспечивает оценку внутрицилиндровых процессов непосредственными расчетами и дает возможность их качественного сопоставления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пригожин И. Современная термодинамика. От тепловых двигателей до диссипативных структур: Пер. с англ. Ю.А. Данилова и В.В. Белого / И. Пригожин, Д. Кондепуди. – М.: Мир, 2002. – 461 с.
2. Седов Л.И. Механика сплошной среды. / Л.И. Седов. – М.: Наука, 1970. – 492 с.
3. Литвиненко В.П. Определение степени предварительного расширения посредством оценки внутрицилиндровых процессов объемными показателям / В.П Литвиненко // Судовые энергетические установки: научно-технический сборник. Вып. 36. – Одесса: НУ «ОМА», 2016. – 167 с.

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ СРАВНЕНИЕ ОСНОВНЫХ ВИДОВ СУДОВОЙ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Настасенко В.А.

Херсонская государственная морская академия (Украина)

Введение Работа относится к сфере альтернативной энергетики на транспортном флоте и к технико-экономическим проблемам ее применения и развития.

Современные суда транспортного флота потребляют в сутки от 10 т топлива (суда типа река-море) до 350 т (магистральные контейнеровозы). Основными судовыми топливами являются продукты переработки нефти, которые при сжигании в судовых силовых установках (СЭУ) безвозвратно теряются. Транспортный флот является одним из крупных потребителей нефти, ежегодная доля которого составляет от 7 до 10% ее добычи. Учитывая возможность исчерпания запасов нефти и газа в текущем столетии, необходима ее экономия. Другой важной угрозой для всего человечества является образование, при сжигании топлива на базе нефти и газа, вредных для природы веществ, в т.ч. – диоксида углерода CO_2 , ведущего к усилению парникового эффекта. При этом годовые выбросы CO_2 транспортными судами достигают 2300 Млн. т, а переход на очищенное топливо уменьшает выбросы вредных веществ, но не уменьшает выбросы CO_2 . Замена топлив на базе нефти природным газом отодвигает сроки его полного исчерпания на 20...40 лет и уменьшает объемы вредных выбросов, в т.ч. CO_2 , однако не ведет к полному их исключению и решению проблемы парникового эффекта.

Анализ состояния проблемы и постановка задач работы Проблема сокращения расхода нефти и уменьшения выбросов CO_2 является важной и актуальной задачей, решению которой способствует судовая альтернативная энергетика. Анализ технико-экономических показателей и особенностей развития судовой альтернативной энергетики является главной целью выполняемой работы.

Ее научную новизну составляет технико-экономическое обоснование наиболее эффективных систем альтернативной энергетики и условий их применения на транспортном флоте, и разработка на этой базе рекомендаций по их развитию.

Выбор путей решения поставленных задач. К основным видам судовой альтернативной энергетики относятся: ветряная, солнечная, гидроволновая, термальная и водородная.

Термо ЭДС на судах обеспечивает малые мощности, а термальная энергетика в использовании сопутствующего тепла выхлопных газов ДВС в котлах-экономайзерах – уже широко применяется, поэтому они не рассматриваются в данной работе.

Основу современной судовой водородной энергетики составляют батареи для прямого получения электрического тока при диссоциации молекул водорода на ионы H^+ и e^- и движении первых – через мембрану, а вторых – по проводникам обкладок мембран. Однако общая мощность таких систем пока не превышает 250 кВт, при долговечности эффективной их эксплуатации менее полугода, поэтому до устранения указанных недостатков их применение на транспортном флоте отнесено к отдаленному на 10..15 лет будущему и в данной работе они также не рассматриваются.

Главное внимание уделено судовым системам, внедрение которых возможно в настоящее время и в ближайшем будущем.

В первую очередь к таким системам относятся ветряные и солнечные. Объясняется это тем, что на суше они имеют широкое распространение и накоплен большой опыт их изготовления и эксплуатации. Однако автоматический перенос их на суда транспортного флота ведет к ряду проблем, т.к. конструкции суден и условия их эксплуатации имеют свои отличительные особенности, основными из которых являются: потребность перевозки грузов на палубе; потребность своевременной доставки грузов даже при отсутствии ветра и солнца; большие мощности СЭУ; отсутствие места для размещения нетрадиционных

энергетических систем; работа судов в условиях сильного ветра, качки, воздействия волн, атмосферных осадков и агрессивных испарений морской воды и др.

Анализ технико-экономических показателей нетрадиционных судовых энергетических систем. Учитывая, что в недалеком прошлом большинство судов были парусными, основным видом в проектах судов будущего стало применение мачтовых и гибких парусных систем попутного принципа действия. Однако их недостаток для судов, уже использующих ДВС для движения – невозможность применения при скорости ветра меньшей скорости судна (т.е. – до 7...10 м/с, поскольку для своевременной доставки грузов современные суда используют эти скорости), а при скорости ветра >20 м/с – эксплуатация парусов становится опасной. Однако попутный ветер со скоростью от 7 до 20 м/с не всегда возникает в период выполнения рейса, что ограничивает применение таких систем, а при встречном ветре система парусов только мешает движению судна. Поэтому их эффективное применение возможно в среднем не более 1/3 общего времени выполнения морских переходов (≈ 250 суток в год).

Устраняет указанные недостатки система встречного принципа действия, которая может действовать при полном отсутствии ветра, только за счет собственной скорости судна 7...10 м/с. Она вырабатывает универсальную для применения энергию – электрическую, мощность которой растет при встречном ветре от скорости 1 до 20 м/с. Кроме того работа системы возможна также на якорной стоянке фактически при любом направлении ветра, а у стенки пирса в порту – при встречном ветре в секторе 150°, что реально сводит ее применение до 1/2 времени длительности года в 365 суток.

Наибольшим судном, в котором в чистом виде использована система мачтовых парусов попутного принципа действия, является яхта «А» российского миллиардера Мельниченко. Однако ее тоннажность составляет 12,7 тыс. т., а высота высокопрочных специальной формы мачт достигает 97 м. Если оценить разработку и изготовление 3-х таких мачт в 20% от общей стоимости яхты в \$ 400 млн., то она составит \$ 80 млн. Поскольку на судах большей тоннажности возможно увеличение количества мачт, то данная разработка может быть перспективной для замены судов с мощностью ДВС в 5...20 МВт при снижении стоимости 1-й мачты и системы ее парусов до \$ 1 млн. Тогда срок их окупаемости, при нынешней стоимости топлива 200 \$ за 1 т, составит около 12 лет. Но при этом проявятся основные недостатки мачтовых систем – невозможность перевозки грузов на палубе и кренование судна при боковом ветре.

Для парусов попутного принципа действия предпочтительна гибкая система SkySails, которая дешевле и проще в применении, чем системы мачтовых парусов, и обеспечивает возможность использования палубы судна для перевозки грузов при минимальном его креновании. По данным фирмы Zeppelin тяга паруса системы SkySails составляет величину $P_{п} = 0,5$ кН на 1 м², которая растет прямопропорционально площади паруса, а мощность системы растет прямопропорционально превышению скорости ветра над скоростью судна, составляющую 7...10 м/с. Тогда при используемой среднеарифметической скорости попутного ветра 14 м/с половину времени рейса (более точно ее можно определить для конкретного рейса с учетом стабильности розы ветров) эквивалент мощности составит 3,5...2 кВт/ч, а для получения дополнительной мощности в 1 МВт/ч потребуется площадь паруса от 300 до 500 м². Такая мощность достигает от 20% до 5% мощности судовых ДВС в 5...20 МВт. По данным фирмы Zeppelin стоимость системы SkySails с парусом площадью 320 м² и установкой ее на судне, составляет около 700 тыс. €. При использовании системы в среднем до 1/3 общего времени выполнения морских переходов (≈ 250 суток в год по 12 часов в сутки, т.к. в ночное время ее применение затруднено), общий объем выработанной энергии составит величину $N_{п} = 1000$ МВт, а срок окупаемости системы – составит около 10 лет.

Для судовых ветряных систем встречного принципа действия наиболее эффективным является использование электрогенераторов с барабанными ветряными колесами, установленными вплотную на лобовой поверхности надстроек судна. В этом случае вредная работа сопротивления надстроек судна встречному потоку воздуха превращается в полезную

работу барабанных ветряных колес. Мощность 1-го ветряного колеса диаметром 0,75 м и длиной 4 м при скорости судна 7 м/с и полном отсутствии встречного ветра составит 1,5 кВт/ч, а при средней скорости встречного ветра 14 м/с – мощность достигает 9 кВт/ч. При установке на надстройке судна 32 таких ветряных колес, они обеспечат суммарную мощность до 0,3 МВт/ч, или 6...1,5% мощности ДВС в 5...20 МВт. Система из 32 модулей стоимостью по 10 тыс. € и стоимости рамы для их установки на палубе судна 50 тыс. €, с общей их стоимостью $10 \times 32 + 50 = 370$ тыс. €, работающая в среднем до $\frac{1}{3}$ длительности года в 365 суток по 24 часа в сутки, обеспечит выработку электроэнергии $N_K = 876$ МВт при сроке окупаемости около 8 лет. Однако мощность ветряных систем встречного принципа действия ограничена площадью лобовых надстроек судна, поэтому не превышает 1...2 МВт или 10% от мощности ДВС.

В солнечной энергетике предпочтительны фотоэлектрические системы, т.к. их КПД в 2 раза выше теплообменных систем, и они широко используются в проектах судов будущего. Их преимуществом является выработка универсальной для потребления электрической энергии, а среднегодовое время использования системы составляет до 12 часов в сутки, т.е. половину от времени длительности года 365 суток, за исключением 25% пасмурных и дождливых дней, когда освещенность солнечных батарей падает на 50...90%. Пока созданы маломощные тихоходные суда, поскольку эквивалент энергии N_C , составляет 0,175 Вт на 1 м² площади батарей, а для выработки 1 МВт мощности потребуется площадь солнечных батарей в 5,7 тыс. м², что составляет по размерам величину 100×57 м² (почти футбольное поле). Такие площади могут иметь только танкера и крытые паромы длиной от 240 м. При стоимости 1 м² панелей солнечных батарей и систем электропитания составила около 1000 € и эффективном использовании системы в среднем до $\frac{3}{4}$ длительности года в 365 суток по 12 часов в сутки, срок их окупаемости превысит 20 лет.

Пока наибольшие удельные мощности обеспечивает судовая гидроволновая энергетика, однако ее применение требует сложных технических решений, которые возможны только при разработке новых конструкций судов, поэтому она неприемлема для их модернизации. Следует учесть, что стоимость предлагаемых в данной работе гидроволновых систем не превышает стоимости судовых ДВС, а их мощность достигает мощности 5...20 МВт, поэтому данные проекты являются наиболее перспективными, а срок их окупаемости – меньше срока окупаемости судовых ДВС за счет экономии топлива. Однако для полного отказа от ДВС на судне, гидроволновая система должна дублироваться водородной, со всеми ее пока негативными факторами.

Выводы. Поскольку проекты со сроком окупаемости свыше 5 лет считаются экономически нецелесообразными, поэтому все экологически чистые разработки при нынешних ценах на топливо непривлекательны для судовладельцев и частного капитала и практически сводятся к дотационным, что требует пересмотра ценовой политики.

Проведенный анализ показал, что в рамках принятой на Парижском Саммите 2015 г. COP-21 новой программы по уменьшению загрязнения окружающей среды, предусматривающей предотвращение повышения температуры более, чем на 2°C к 2100 году, значительный резерв обеспечит судовая альтернативная энергетика. Однако она не включена в план выделяемых с 2020 г ежегодных сумм в 100 млрд. € дотаций на разработку экосистем, что требует пересмотра политики будущих саммитов COP.

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ДВИГУНА ЯК ОБ'ЄКТА РЕГУЛЮВАННЯ ПРИ СТАТИЧНОМУ РОЗПУШУВАННІ ҐРУНТУ

Пелевін Л.Є., Горбатюк Є.В.

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.

Застосування моделі робочого процесу розпушувального агрегату дозволяє визначити основні силові впливи на двигун внутрішнього згоряння, що є первинним джерелом енергії для здійснення розпушування ґрунту.

У зв'язку з цим необхідно розробити модель робочого процесу розпушувального агрегату при взаємодії рушія розпушувача з поверхнею ґрунту.

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

Математична модель двигуна як об'єкта регулювання при статичному розпушуванні ґрунту. Модель робочого процесу розпушувального агрегату дозволяє визначити основні силові впливи на двигун внутрішнього згоряння, що є первинним джерелом енергії для здійснення розпушування ґрунту. Такими силовими впливами є: навантаження з боку ходового обладнання, обумовлене опором розпушування ґрунту і додаткове навантаження від гідроприводу, що з'являється у момент його включення.

Керуючим параметром для двигуна внутрішнього згоряння є положення рейки паливного насоса високого тиску, що визначає величину подання палива, а отже і кількість енергії, яке виробляється двигуном внутрішнього згоряння.

Рівняння двигуна внутрішнього згоряння в операторній формі запису:

$$(T_d p + 1)\Omega = k_h H - k_c m_c, \quad (1)$$

де T_d – постійна часу двигуна внутрішнього згоряння; k_h і k_c – коефіцієнти посилення по положенню рейки і моменту опору відповідно; Ω , H , m_c – безрозмірні відносні координати для параметрів ω_d , h , M_c відповідно; ω_d – кутова швидкість вала двигуна внутрішнього згоряння; h – положення рейки паливного насоса, яке визначає кількість палива, що подається в циліндри; M_c – момент опору на валу.

Операторна форма запису диференціального рівняння дає можливість отримати

передаточні функції двигуна внутрішнього згоряння, які характеризують вплив на вихідну координату тієї або іншої вхідної координати [6]. Використовуючи принцип суперпозицій можна виділити дві передатні функції – за керуючою дією $H(p)$ та за каналом обурення $m_c(p)$:

$$W_d^h(p) = \frac{\Omega^h(p)}{H(p)} = \frac{k_h}{T_d p + 1}, \quad W_d^{m_c}(p) = \frac{\Omega^{m_c}(p)}{m_c(p)} = \frac{k_c}{T_d p + 1} \quad (2)$$

На тракторних двигунах внутрішнього згоряння застосовують всережимні механічні регулятори прямої дії, які прагнуть стабілізувати кутову швидкість валу двигуна, впливаючи на рейку паливного насоса [5–9]. На типовому двигуні статичного розпушувача використовується регулятор типу РВ.

Передатна функція регулятора:

$$W_p(p) = \frac{H(p)}{\Omega(p)} = \frac{k_{2p}}{T_1 p^2 + T_2 p + 1}. \quad (3)$$

Особливістю регуляторів, вживаних на тракторних двигунах внутрішнього згоряння, є наявність коректора, який змінює жорсткість пружини при досягненні рейкою паливного насоса певного положення, близького до максимального подання палива [5, 6].

Висновки. Модель робочого процесу розпушувального агрегату дозволяє визначити основні силові впливи на двигун внутрішнього згоряння, що є первинним джерелом енергії для здійснення розпушування ґрунту.

Математична модель двигуна внутрішнього згоряння описує динамічні властивості типового двигуна статичного розпушувача, оснащеного серійним регулятором кутової швидкості типу РВ, а також враховує нелінійність регуляторної характеристики цього двигуна.

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. Аналіз тенденцій розвитку розпушувальних агрегатів / Є.В. Горбатюк, Т.В. Шевченко // Техніка будівництва: науково-технічний журнал, – К.: КНУБА, 2008. – Вип. 21 – С. 5-10.
3. Toshov J.B. Questions modeling of dynamics of drilling tools on the bottom hole. / J.B. Toshov, M.K. Shukurov // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences, «East West» Association for Advanced Studies and Higher Education GmbH. Vienna. 1-2 (1) 2014, – pp. 116-122.
4. Road and Bridge Construction Equipment. – Satya Narayan Shah: B.Sc. In Mechanical Engineering (India) MS in Manufacturing Engineering & Management (UK), January, 2012, 1 – 112 p.
5. Корытов М.С. Разработка методов измерения массы материала в ковше и запаса устойчивости фронтального погрузчика / М.С. Корытов. – Омск, СибАДИ, 1999. – 225 с.
6. Крутов В.И. Автоматическое регулирование и управление двигателей внутреннего сгорания. – М.: Машиностроение, 1989. – 416 с.
7. Денисов В.П. Повышение производительности автогрейдера стабилизацией тяговой мощности: Дис.... канд. техн. наук. – Омск, СибАДИ, 1992. – 158 с.
8. Матяш И.И. Повышение производительности автогрейдера при перемещении ґрунта: Дис. ... канд. техн. наук. – Омск, СибЛДИ, 2001. – 162 с.
9. Скловский А.А. Автоматизация дорожных машин. – Рига: Авотс, 1979. – 308 с.
10. Сукач М.К. Синтез землерийної і дорожньої техніки: Підручник / М.К. Сукач, Є.В. Горбатюк, О.А. Марченко. – К.: Ліра-К, 2013. – 376 с.

COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS: SUPERCOMPUTERS, PROGRAM TOOLS, YOUNG SCIENTISTS

Redchyts D.O.

Institute of Transport Systems and Technologies NAS of Ukraine

To date computational fluid dynamics (CFD) is one of the components of the design process in aerospace industry, propulsion engineering, wind energy, due to the lower cost of numerical investigations are compared with the natural experiments. Major aim of CFD is reproduction real physical processes with the maximum degree of certainty. Due to this is possible better understanding the processes, make recommendations for aerodynamic shapes of designed device near to optimal. These calculations allow for detailed characteristics of the device well before its manufacture and deployment, significantly reducing the cost of expensive blowing in the wind tunnels, which are present in the standard design methods. Another problem are environmental problems - simulation of atmospheric phenomena, river hydrodynamics, distribution of pollution in urban and industrial areas.

Supercomputers to solve the CFD problems are installed and operated in the United States, Western Europe, Japan, China. Necessity to use such a powerful computer technology is caused to the fact that the vast majority flows occurring in practice are non-stationary, three-dimensional, turbulent. The practical application of computational fluid dynamics, for example, the choice of the optimal configuration of the device requires many parametric studies under realistic deadlines calculation unit (no more than 1-2 days). Today in Ukraine there are no supercomputers entering the TOP-500, the best Russian supercomputer ranked number 31 on the list.

Modern software packages aimed at solving problems in computational aerodynamics, can be divided into four groups.

The first group includes scientific software packages developed in major research centers in the U.S. and Western Europe (NASA, ONERA, DLR, NLR), as well as in corporations Boeing, Lockheed, etc. The tools have evolved over several decades and are designed primarily for applications aerospace industry. They involve the use of massively parallel supercomputers to get the results in real time. Unfortunately, these packages are the intellectual property of the developer and are usually available for a wide range of researchers.

The second group includes commercial CFD software such as ANSYS, STAR-CD, CFX, FLUENT, FLOW-3D, ACE-U, CFD++, etc. The objective purpose of commercial CFD software is to help designers associated with the tasks of computational fluid dynamics, but do not have real opportunities to develop their own CFD packages. From the point of view of the hardware used, the commercial packages are designed for use on personal computers or PC clusters. This, in turn, leads to decreased physical reliability of the results in favor of automating calculations and versatility of commercial packages.

The third group consists of CFD programs developed at universities and small research centers in almost all developed countries. Groups of employees are usually small (4-10 scientists, graduate students, programmers), computer equipment varied, depending on the level of funding an individual organization. It is here that there are new CFD ideas, new models of turbulence. Although these packages are inferior to the first and second group of the universality, research packets can compete successfully in dealing with individual, highly specialized tasks of computational fluid dynamics.

The fourth group includes software developed by the principle of "one researcher - one package." At present, this principle is extremely important for the development of young professionals and scientists. With self-development researcher develops computational aerodynamics basis, reveals the possibility of numerical methods and analyzes the physical features of these flows.

Creating a reliable CFD package requires the use of skilled programmers who own multiple programming languages. In Russia and Ukraine, there is a serious problem because the

programmer in IT-profit organization earns several times more than the young scientist, even if he is PhD.

The authors of this paper have extensive experience in the development and application of computational fluid dynamics for wind power, high-speed ground transport, supersonic aircraft, turbine, control of flow separation using plasma actuators, heat and mass transfer in internal and external flows. Unfortunately, the actual calculations are limited to two-dimensional (plane and axisymmetric) flows, as well as several variants of three-dimensional flows. Power of personal computers or small clusters do not allow research flow around bodies of complex configuration (complete configuration of aircraft, ground transport), to apply modern methods of simulation turbulence (large scale turbulence, direct numerical simulation).

The authors have developed a specialized CFD package in which a compromise between the required computational resources and the quality of the results. On the one hand, provide a complete approach of computational fluid dynamics based on the Navier-Stokes equations, including several differential turbulence models, as well as multi-block approach for the flows in multiply connected domains. Designed CFD package allows us to solve the problem of dynamics and aerodynamics, including electrodynamic processes, electrochemistry, multiphase fluids, combustion processes and plasma kinetics. The results allowed us to formulate new technical ideas, get new understanding about the physics of flow separation and the ways of its control, to reproduce the real structure of the flow over a wide speed range from incompressible flow to supersonic.

CFD software developed by the authors is actually computing core software without the interactive shell. According to the above-proposed classification this package is relate to the fourth group. Establishment in Ukraine teams of young scientists associated with a number of objective difficulties.

Higher education institutions (universities) usually learned training of highly qualified CFD specialists. Analysis of the curricula of foreign universities shows that CFD is usually taught 2 years (3rd and 4th year). On graduation courses (MA) is individual training young professionals and scientists, often associated with the new solution of scientific problems. In Ukraine, experts in computational fluid dynamics do not get ready at all, and training on the mechanics of liquids and gases is the old fashioned way: on the basis of analytical and semi-empirical approaches, the basics of numerical methods are given in the framework of the model equations of mathematical physics. As a result, Master Thesis's foreign graduates often exceed the level of candidate dissertation in the Ukraine.

After the collapse of the Soviet Union in 1991, the relationship between fundamental science and industry do not actually exist. The general crisis of the 90s led to the fact that the traditional consumers of high-end technologies (aerospace, engine building, shipbuilding) are forced to deal with short-term survival at the expense of the development of promising directions. Suffered as a science and education, and, objectively speaking, at the moment, scientists cannot fully provide for the needs of industry. A vicious cycle of "no orders from the industry - poor development of science," and vice versa, "obsolete technology - a weak competitiveness in foreign markets."

To date the level of funding for research and education leaves much to be desired. Young scientists and experts are still keen to go abroad or get a commercial structure in search of a normal material standard of living. The accelerated growth of science and education is essential to the development of new technologies, and concepts, training of young scientists.

A possible way out is to develop some target programs and create specialized groups, including young professionals to implement these programs. This would allow young researchers to find his place in science, benefiting the country.

СИСТЕМА КЕРУВАННЯ 4-ФАЗНИМ БЕЗКООНТАКТНИМ ДВИГУНОМ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

¹Селіверстова С.Р., ²Фролов О.М.

¹Херсонська державна морська академія (Україна)

²Національний університет кораблебудування ім.адм.Макарова (Україна)

У системах автоматики, керування, регулювання та контролю широко застосовуються керовані електродвигуни невеликої потужності. До цих машин пред'являється ряд вимог, обумовлений специфікою їхньої роботи: часті пуски, реверси, що постійно змінюється частота обертання, широкий діапазон регулювання частоти обертання, мала потужність керування, мала інерційність. Існують виконавчі двигуни асинхронні та постійного струму. Асинхронні двигуни бувають різних видів: з порожнім немагнітним ротором, з порожнім сталевим ротором. Такі двигуни мають на статорі дві окремі обмотки, зрушені відносно один одного під кутом 90° . Одна з них приєднується до напруги мережі і називається обмоткою збудження. На іншу подаються сигнали керування, величина й фаза яких визначає

Зростання кількості нових розробок безконтактних двигунів постійного струму. показує, що типова напруга живлення складає 12В та 24В, діапазон потужностей складає стандартний ряд: 0,4; 0,6; 1,0; 1,6; 2,5; 4,0; 6,0; 10; 16; 25; 40 Вт. Разом з тим, нижня межа ряду потужностей була визначена вимогами споживачів, а верхня межа була лімітована можливостями транзисторів за напругою пробою, споживаної потужності та максимальними струмами. На теперішній час розроблено ряд транзисторів зі збільшеною потужністю та напругою пробою. Тому цей ряд може бути доповнений напругами живлення 36(40)В та 50(60)В, а також максимальними потужностями 60 Вт та 100Вт. Статистичні дані по швидкості обертання склали 2000 об/хв., 3000 об/хв., 5000 об/хв., 8000 об/хв., 12000 об/хв.

Стабілізований по швидкості двигун повинен мати три складові частини: сам двигун з силовими обмотками, датчик швидкості та датчик положення ротора. Недоліки виконавчих двигунів постійного струму пов'язані із застосуванням колектора та наявністю ковзного контакту. У вибухонебезпечних умовах вони вимагають особливої герметизації, а для придушення радіоперешкод - додаткового фільтра.

З метою уникнення цих перешкод розроблена структурна схема системи керування 4-х фазним безколекторним двигуном постійного струму, блок схема якої наведена на рис. 1.

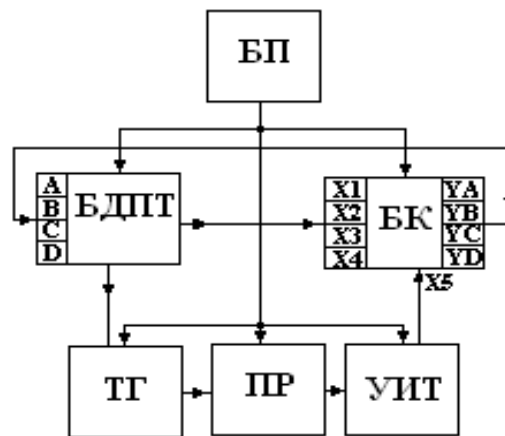


Рисунок 1. Структурна схема системи керування 4-х фазним безконтактним двигуном постійного струму: БП – блок живлення; БДПТ – безколекторний двигун постійного струму; БК – блок комутаторів; ТГ – тахогенератор; ПР – перетворювач частота-напруга; УИТ – кероване джерело струму.

Відповідно до структурної схеми система керування безколекторним чотирифазним двигуном (БДПТ) включає блок комутаторів (БК), що по сигналах (X1, X2, X3, X4) датчика положення ротора (ДПР), який перебуває в самому двигуні, по черзі зі своїх виводів (YA, YB, YC, YD) перемикає струм у фазах (A, B, C, D) безконтактного двигуна.

Схема керування чотирифазним безколекторним двигуном живиться від блоку живлення БП. Блок живлення виробляє напругу постійного струму одночасно для живлення обмоток електродвигуна та для живлення всіх блоків схеми керування. Якщо напруга на обмотках двигуна більше (15...24)В, то блок живлення повинен видавати дві постійних напруги:

- підвищену напругу на обмотки двигуна;
- більш низьку напругу для схеми керування та живлення датчиків Холла.

Два датчики Холла розташовуються під ротором так, щоб їхньої осі відносно один одного були зрушені на 90° , тобто на $\frac{1}{4}$ частину повного оберту. При обертанні ротора датчики Холла попадають під дію магнітного поля ротора те з південною полярністю S, те з північною полярністю N, і тому на двох виходах кожного датчика відбувається зміна полярності сигналу. Наприклад, при дії полярності S на першому виході датчика буде (+ΔV), а на другому (-ΔV), і при дії полярності N на першому виході з'явиться (-ΔV), а на другому (+ΔV). Через розташування датчиків зі зрушенням осей, на другому датчику Холла полярність сигналу повторює полярність сигналів з першого датчика, але зі зсувом на $\frac{1}{4}$ оберту. Тому що кожний датчик Холла має два виходи, то на входи блоку комутаторів (X1, X2, X3, X4) приходять 4 сигнали від датчиків Холла.

Сигнали, що прийшли від датчиків Холла, у блоці комутаторів (БК) підсилюються та обробляються так, щоб на бази вихідних потужних транзисторів видавався по черзі сигнал у базу тільки одного із чотирьох транзисторів, з'єднаних з виходами схеми (YA, YB, YC, YD). У результаті даний транзистор відкривається і, тим самим, відкриває шлях для проходження струму від джерела живлення через обмотки й далі через відкритий транзистор.

Найбільш важливим вузлом схеми керування є блок комутаторів, тому що саме він перемикає в котушках фаз струм, вироблений джерелом струму.

Якщо в схемі не передбачені автоматичне підстроювання або стабілізація струму, то шлях струму через відкритий транзистор проходить на шину «землі», з'єднаної з негативним виводом джерела живлення обмоток електродвигуна. А якщо передбачається автоматична стабілізація частоти, то шлях струму через відкритий транзистор лежить до керованого джерела струму (УИТ).

При сильному збільшенні навантаження та зменшенні швидкості обертання, струм, посланий у фази (у котушки фаз) повинен збільшитися до необхідного рівня. Із цією метою застосовується тахогенератор (ТГ), що визначає швидкість обертання ротора двигуна, а також перетворювач «частота – напруга» (ПР) зі схемою порівняння. Вироблена перетворювачем напруга подається на вхід керування керованого джерела струму (УИТ).

Висновки. З метою поліпшення властивостей двигунів постійного струму, запропонований 4-фазний двигун з безконтактним комутатором. Відмінність таких двигунів від колекторних двигунів традиційної конструкції полягає в тому, що в них щітково-колекторний вузол замінений напівпровідниковим (електронним) комутатором (інвертором), керованим сигналами, що надходять із безконтактного датчика положення ротора. Запропонована структурна схема електропривода з 4-х фазним безколекторним двигуном, що дозволяє створювати найбільш прості системи керування та зменшує вартість електроприводів у порівнянні навіть із 3-х фазними.

ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ ВОДНЕВИХ РОЗШИРЮВАЛЬНИХ МАШИН

Ткач М.Р., Тімошевський Б.Г., Доценко С.М., Галинкін Ю.М.

Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова (Україна)

Малооборотні двигуни мають максимально можливу ефективність на сучасному технологічному рівні. Ступінь їх енергетичної ефективності оцінюється ефективним ККД, який, у сучасних моделях, перевищують 50 %. Це високий показник для теплового двигуна, однак близько половини енергії палива не використовується для виробництва корисної роботи, а надходить до навколишнього середовища. Тому одним з раціональних шляхів підвищення ефективності енергетичних установок з МОД ДВЗ є утилізація тепла вторинних енергоресурсів ДВЗ. В результаті утилізації бажано отримувати механічну або електричну енергію, як найбільш дорогі види енергії.

Складність утилізації такого тепла пов'язана перш за все з його низьким температурним рівнем. Так, на рис. 1 наведено температури вихлопних газів МОД ДВЗ фірми MAN Diesel, з якого видно що температура вихлопних газів не перевищує 260 °C [1].

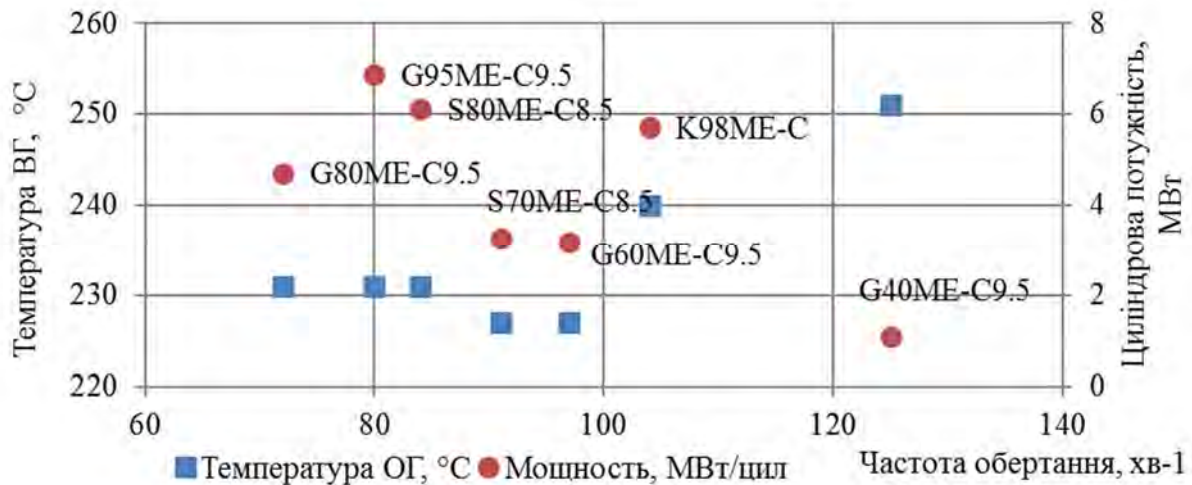


Рисунок 1. Температура відпрацьованих газів МОД ДВЗ фірми MAN Diesel

Одним з ефективних способів утилізації низькопотенційного тепла є використання утилізаційних металогібридних установок безперервної дії [2]. Невід'ємним елементом таких установок є водневі розширювальні машини, в яких і відбувається виробництво корисної потужності. Очевидно, що використання РМ потребують вирішення проблем пов'язаних з герметичністю установки і водневої корозією, тим не менш, у світовій практиці водневі РМ машини використовуються для зрідження водню, очищення воденьвмістного газу і в складі спеціалізованих енергетичних установок [3].

Для врахування реальних властивостей водню, при визначенні теплоперепаду в водневій розширювальній машині, використовується коефіцієнт неідеальності, який являє собою відношення теплоперепадів, отриманих при розгляданні водню як реального газу і як ідеального газу.

$$K_{\text{neid}} = \Delta H_{\text{H}_2} / \Delta H_{\text{IG}}$$

При цьому теплоперепад, коли водень розглядається як ідеальний газ, розраховано за залежностями:

$$\Delta H_{IG} = C_p T_2 (1 - (p_2/p_3)^m)$$

$$m = (k-1)/k$$

$C_p=14300$ Дж/(кг К) , $k=1,667$

Теплоперепад, коли водень розглядається як реальний газ, розраховано як різницю ентальпій водню перед (точка 2) та після (точка 3) водневої розширювальної машини

Ентальпію водню перед та після водневої розширювальної машини визначено з довідника [4,5]. Значення коефіцієнту неідеальності в залежності від тиску водню на вході та тиску водню на виході з водневої розширювальної машини, при температурі водню на вході в водневу розширювальну машину $T_2=500$ К наведено на рис 2.

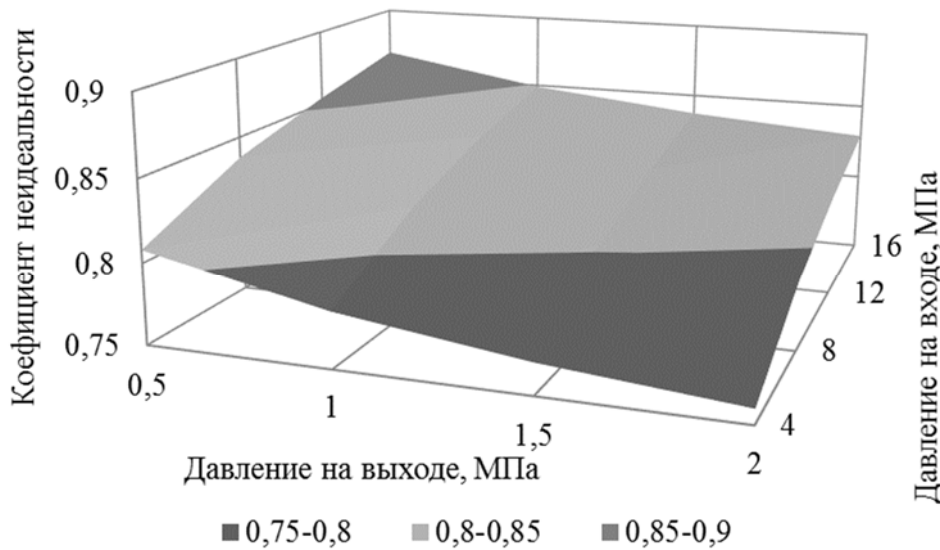


Рисунок 2. Значення коефіцієнту не ідеальності водню при температурі на вході 500 К

Фактично, коефіцієнт неідеальності показує різницю розрахованого теплоперепаду в водневій розширювальній машині для водню, розглянутого з урахуванням реальних властивостей, та для водню розглянутого як ідеальний газ. Для діапазону тисків на вході в водневу розширювальну машину $P_2 = 4 \dots 16$ МПа, тисків на виході з розширювальної машини $P_3 = 0,5 \dots 2$ МПа, відношення теплоперепадів становить $0,75 \dots 0,95$.

ЛІТЕРАТУРА

1. www.mandieselturbo.com/Papers/ Influence_Of_Ambient_Temperature_Conditions p. 7-11.
2. Ткач М.Р. Эффективность утилизации низкопотенциального тепла металлгидридными установками непрерывного действия [Текст] / Двигатели внутреннего сгорания // М.Р. Ткач, Б.Г. Тимошевский, С.М. Доценко, Ю.Н. Галынкин, 2014 с39-44.
3. Boston, M.A Turboexpanders and Process Applications [Text]/ M.A. Boston – Gulf Professional Publishing, an imprint of Butterworth-Heinemann, 2001, p. 523.
4. Александров, А.А. Свойства и процессы рабочих тел и материалов атомной энергетики [Электронный ресурс] / А.А. Александров, К.А. Орлов, В.Ф. Очков / http://twm.mpei.ac.ru/MCS/Worksheets/NPP/tab1_3_1_pt.xmcd.
5. Fundamental Equations State for Parahydrogen, Normal Hydrogen, and Orthohydrogen [Text]/ J.W. Leachem, J.W. R.T. Jacobsen, S.G. Penoncello, E.W. Lemmon //J.Phys.Chem. Ref. Data, 2009, Vol.38, No 3, P. 721 -748.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ С ТЕРМОХИМИЧЕСКОЙ РЕГЕНЕРАЦИЕЙ ТЕПЛА

Чередниченко А.К.

Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова (Украина)

Проведенные ранее исследования показали, что для специализированных судов FPSO и FLNG, морских буровых платформ, плавучих электростанций, а также судов-газовозов использование газа как топлива в энергетической установке рационально осуществлять в комбинированной установке с термохимической регенерацией (ТХР) вторичных энергоресурсов.

В разработанной математической модели реализованы принципы совмещения стратегии функциональной декомпозиции с инкапсуляцией подсистем. Связь между элементами подсистем осуществляется потоками энергоносителей (теплоносителей и рабочих тел циклов), посредством которых осуществляются процессы энергетического взаимодействия между подсистемами и в целом, в энергокомплексе (рис.1,2).



Рисунок 1. Структурная схема энергокомплекса с ТХР

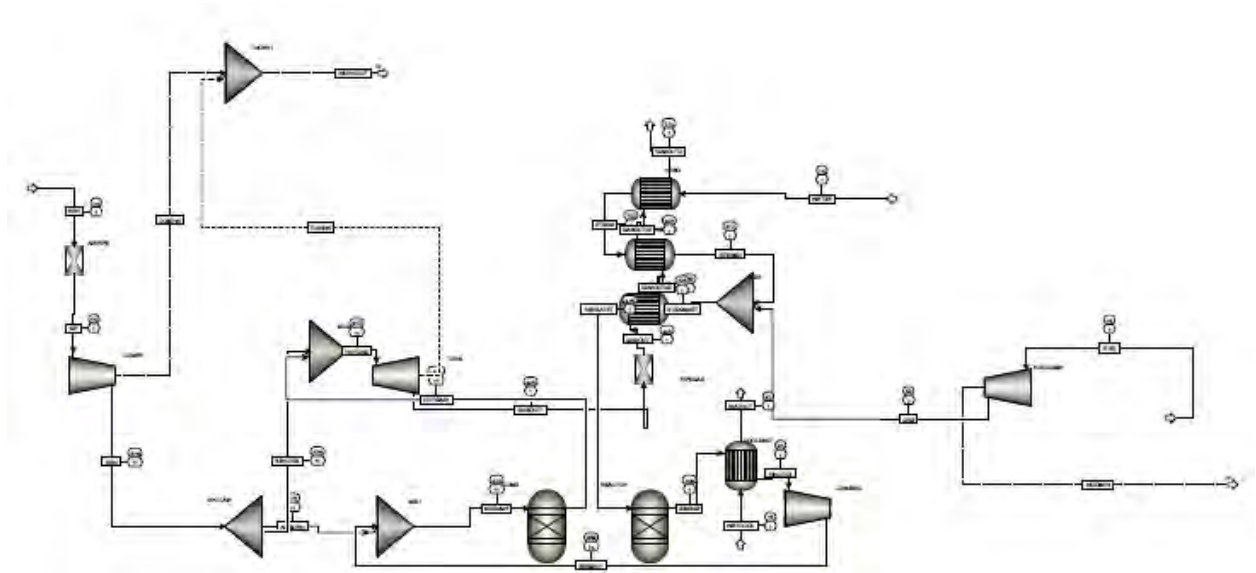


Рисунок 2. Фрагмент модели энергокомплекса на базе газотурбинного двигателя с ТХР

Выводы. Теоретическое исследование на базе математического моделирования процессов в энергокомплексе с ТХР позволило сделать вывод о перспективности применения на объектах океанотехники комбинированной дизель-газотурбинной энергетической установки с термохимической регенерацией вторичных энергоресурсов. Альтернативой может быть комбинированная установка на базе газотурбинного двигателя с совместной термодинамической и термохимической регенерацией сбросного тепла.



ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СУДОВОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Авраменко Н.Н., Растегина Г.И., Иванов А.А.
Херсонская государственная морская академия (Украина)

Введение. Стандарты компетентности, которым должны соответствовать моряки, определены в части А Международной конвенции о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты 1978 г. (МК ПДМНВ-78) с поправками 2010 года [1]. По функции «Электрооборудование, электронная аппаратура и системы управления на уровне эксплуатации» электромеханик должен осуществлять наблюдение за эксплуатацией электрических и электронных систем, а также систем управления. При использовании распределительных устройств он должен наблюдать за показаниями измерительных приборов, контролируемых параметры генераторов, береговой сети и потребителей (напряжение, частоту, ток, мощность, сопротивление изоляции и др.) [3].

Актуальность исследований. При помощи электроизмерительных приборов можно контролировать параметры электроэнергии при статических режимах работы судовой электростанции, а вот в динамических режимах при скачкообразном изменении нагрузки, синхронизации, аварийном отключении одного из работающих генераторов и т.д. проследить изменение параметров можно только с использованием осциллографа. Анализ возникающего переходного процесса позволит обслуживающему персоналу грамотно сделать выводы и ускорит поиск неисправности в системе.

Цель работы. Показать возможность исследования переходных режимов в современной судовой электростанции при использовании функции TREND GROUP, которая позволяет вывести на экран монитора системы управления группу параметров и просмотреть их осциллограммы.

Изложение основного материала. Исследования проводились с помощью программы MC90-V (MD111), которая является симулятором работы электроэнергетической системы судна. Выполнялось включение и отключение пожарного насоса, который приводится в движение при помощи асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором номинальной мощностью 90 кВт, при этом электроэнергия на ГРЩ подавалась от одного дизель-генераторного агрегата с номинальной мощностью генератора $P_{нг} = 900$ кВт.

Вызываем на экран монитора осциллограф и задаем код и пределы выводимых на экран параметров (см. осциллограмму на рис. 1). В момент включения нагрузки загрузка генератора составляла 526,9 кВт, т.е. 58,55 %. Вращающийся резерв мощности генератора составлял 373,1 кВт или 41,45 %. Процесс включения и отключения нагрузки осциллографировался. На экран виртуального осциллографа выносились следующие параметры:

код V06140 – напряжение генератора (красная линия номер 1);

код F06141 – частота генератора (оранжевая линия номер 3);

код I06003 – ток генератора (малиновая линия номер 2).

В момент времени 01:20:02 включаем нагрузку. В момент времени 01:20:42 отключаем нагрузку. После получения осциллограммы обрабатываем полученные данные. Для этого определяем цену деления, т.е. 10% вертикальной шкалы соответствуют:

$$\text{– для напряжения } ЦД = \frac{450 - 430}{10} = 2 \text{ В;}$$

$$\text{– для частоты } ЦД = \frac{61 - 59}{10} = 0,2 \text{ Гц;}$$

– для тока $I_{\Sigma} = \frac{1400 - 700}{10} = 70 \text{ A}$.



Рисунок 1. Осциллограмма при включении и отключении электродвигателя пожарного насоса

При включении электродвигателя в момент 01:20:02 произошел провал напряжения, который составил 8,8 В, что составляет 2,0 % U_n , с некоторым запаздыванием включился автоматический регулятор напряжения и стал увеличивать ток возбуждения, поэтому напряжение стало восстанавливаться. Сначала возникло перерегулирование, а затем затухающий переходный процесс. Так как отклонение напряжения не превысило -15% U_n , следовательно, прямой запуск пожарного насоса возможен. После окончания переходного режима ток нагрузки генератора увеличился на 140 А или на величину тока, потребляемого электродвигателем пожарного насоса. Частота тока после включения нагрузки уменьшилась на 0,14 Гц. Это свидетельствует о том, что приводной двигатель генератора снабжен статическим регулятором частоты.

Симулятор позволяет выводить на монитор параметры любых систем и оценивать поведение этих систем в статическом и динамическом режимах, при изменении параметров, в критических и некритических аварийных режимах и многое другое.

Выводы. Активно используя в современных системах управления функцию TREND GROUP, можно отслеживать динамические режимы работы судовых систем. Это позволит обслуживающему персоналу лучше понимать физические процессы, происходящие в судовых системах, а также поднимет качество обслуживания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Международная конвенция о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты, – Лондон: ИМО. «Эшфорд Пресс», 2011. – 450 с.
2. Model Course 7.08 Electro-Technical Officer. – London: ИМО, 2014. – 175 с.
3. Правила технической эксплуатации морских и речных судов. Электрооборудование. КНДЗ 31.2.002.07-96. – Киев: Министерство транспорта Украины, 1996. – 112 с.

ІМОВІРНІСНО-СТАТИСТИЧНИЙ МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ПОДАЧІ І РАДІУСА ПРИ ВЕРШИНІ РІЗЦЯ НА ШОРСТКІСТЬ ПОВЕРХНІ СФОРМОВАНОЇ ТОЧІННЯМ

Дзюра В.О.

Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя (Україна)

Проаналізовано існуючі методи [2, 4] дослідження впливу подачі s і радіуса r при вершині різця на шорсткість поверхні за параметром: середнє квадратичне відхилення профілю – R_a . За даними А.І. Іссаєва [1], показано, що вплив s і r на R_z може бути визначений за розрахунковими формулами і описуватись лінійною залежністю. В той же час, імперичні формули, що визначають вплив s і r на R_z подані у [4] представлені степеневими функціями, причому показники степенів при s $-1 < y_{R_a} < 1$. Разом з тим відзначено, що значення R_a , отримані за емпіричними формулами різними авторами при заданих величинах s мають суттєву розбіжність.

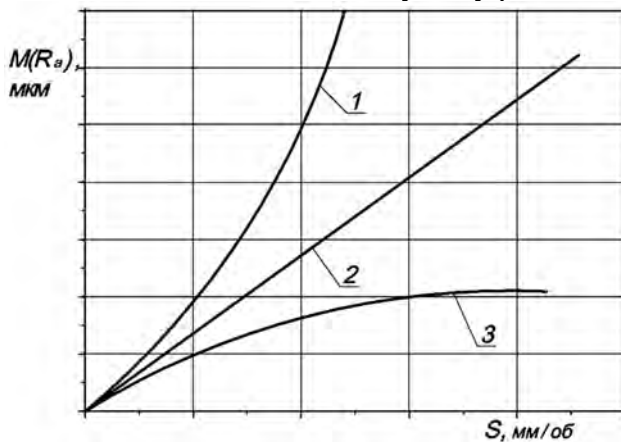


Рисунок 1. Графік залежності R_a (R_z) від s , якщо показник степеня при s :

1 – $y_{R_a} > 1$; 2 – $y_{R_a} = 1$; 3 – $y_{R_a} < 1$

Підкреслено, що наявні дослідження впливу s на R_a при точінні не враховують стохастичності подач, а параметр R_a подають у детерміністичному представленні. На основі здійсненого аналізу вплив s на R_a можна подати графічними залежностями зображеними на рис. 1.

Тому створення імовірнісно-статистичного методу визначення впливу s і r на R_a , який би був позбавлений недоліків існуючих методів та забезпечував би високу достовірність результатів є актуальною задачею.

Суть запропонованого методу у наступному. При дослідженні впливу s на R_a використовують дослідний зразок у вигляді циліндра на якому на певній віддалі одна від одної виконані канавки, які розділяють відповідні ділянки. Здійснюють процес точіння

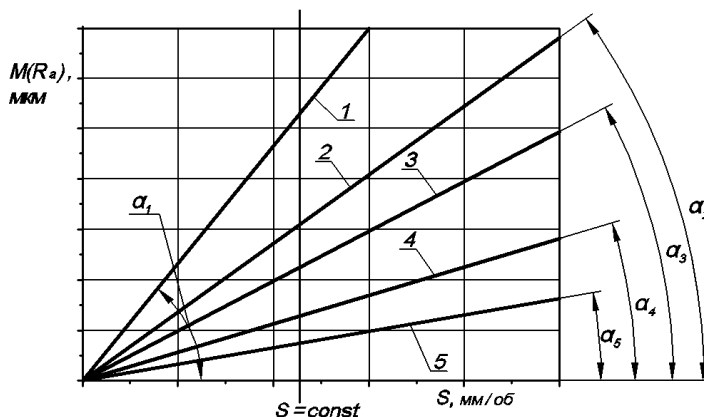


Рисунок 2. Схематичне зображення залежності R_a від s при різних значеннях радіуса при вершині різця 1 – r_1 ; 2 – r_2 ; 3 – r_3 ; 4 – r_4 ; 5 – r_5
 $r_1 < r_2 < r_3 < r_4 < r_5$

різцем з певним радіусом r_i при постійних глибині t і швидкості різання V , але із змінною подачею на кожній із ділянок. Використовують профілометр і на певній ділянці, на кожній із десяти рівномірно розміщених по колу трасах, визначають значення шорсткості поверхні R_{a_i} , де ($i = 1, 2...10$), які подають як випадкові величини. Використавши метод ітерацій [3], створений на основі методу прямокутних вкладів, за теорією малих вибірок знаходять математичне сподівання $M(R_a)$ і дисперсію $D(R_a)$ параметра R_a .

Спочатку досліджують, наприклад, залежність $R_a = f(s)$, яка подається у вигляді $R_a = C_{R_a} \cdot s$, і зображена променем 2 на рис. 1.

Здійснивши аналогічно вищеописаний процес точіння різцями з радіусами при вершинах $r_2 < r_3 < r_4 < r_5$ і визначивши відповідні $M(R_{a_i})$ при різних значеннях s і r , будують графіки, які подані на рис. 2. Врахувавши, що $\text{tg} \alpha_i = k_i$, це кутові коефіцієнти відповідних прямих при $s = \text{const}$ будують графік залежності k від r (рис. 3).

В загальному залежність R_a від s при постійних інших елементах режиму різання і геометричних параметрах можна подати у вигляді залежності $R_a = k \cdot s$ [1].

Провівши вертикаль на рис. 2 (при $s = \text{const}$) знаходять залежність k_i від r_i , яка зображена на рис. 3. Здійснивши лінеаризацію функції $k = \psi_0(r)$ шляхом логарифмування отримують $k = c_k / r^{q_{R_a}}$. Тоді у кінцевому варіанті мають $M(R_a) = c_{R_a} \cdot s \cdot r^{-q_{R_a}}$.

У випадку, коли залежність R_a від s буде відповідати кривим 1, 3 на рис. 1, рекомендовано використати метод лінеаризацій функцій. Логарифмуванням у системі $\lg R_a - \lg s$ при r_1, r_2, r_3, r_4, r_5 отримують п'ять прямих ліній, кожна з яких відображатиме залежність $\lg R_a$ від $\lg s$ при певному значенні r . Використавши методику подану у [2],

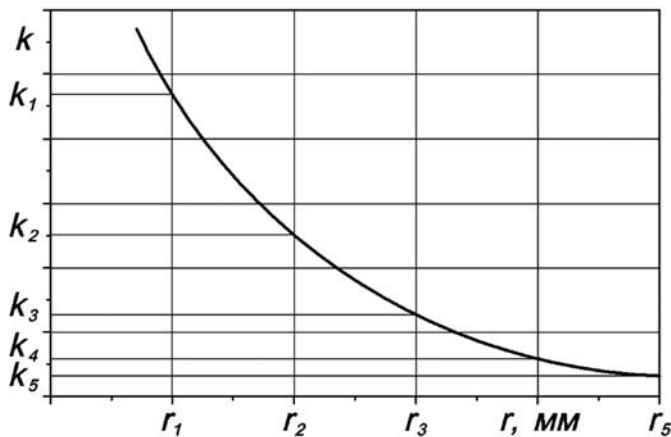


Рисунок 3. Графік залежності кутового коефіцієнта k від радіуса при вершині різця r .

отримують ряд логарифмічних рівнянь у вигляді $\lg M(R_a) = \lg c_{R_a} + y_{R_a} \cdot \lg s_i$. Об'єднавши попарно ці рівняння і розв'язавши системи з двох рівнянь виключенням коефіцієнта c_{R_a} , отримують декілька виразів для визначення y_{R_a} . Використавши метод ітерацій [3] знаходять показник степеня при $s - M(y_{R_a})$ або середнє квадратичне відхилення $\bar{y}_{R_a,ck}$, які приймають за істинні значення.

Здійснивши аналогічно дослідження впливу r на R_a при $s = \text{const}$ і забезпечивши згортку формули $R_a = f(s, r)$ у кінцевому результаті отримують залежність $M(R_a) = c_{R_a} \cdot s^{M(y_{R_a})} \cdot r^{-q_{R_a}}$.

Висновок. Запропонований метод дозволяє оцінювати вплив s і r на параметр шорсткості R_a з високою достовірністю отриманих результатів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бобров В.Ф. Основы теории резания металлов / Бобров В.Ф. – М. Машиностроение, 1975. – 344 с.
2. Г.И. Грановский. Резание металлов: Учебник для машиностр. и приборостр. спец. вузов. / Грановский Г. И., Грановский В. Г. —М.: Высш. шк., 1985, – 304 с
3. Кривий П.Д. статистичне оцінювання міцності пресових з'єднань приводних роликів ланцюгів закордонних фірм на основі теорії малих вибірок / П. Кривий, Н. Тимошенко [та ін.] // Вісник Тернопільського національного технічного університету. – 2013. – №20(70). – С. 121-129.
4. Рыжов Э.В. Технологическое обеспечение эксплуатационных свойств деталей машин / Рыжов Э.В., Суслов А.Т., Федоров В.П. – М.: Машиностроение, 1979. Библиотека технолога. – 176 с.

FUNCTIONS EXTENSION AND ANALYZE OF MULTI-AXIS HINGE-ROD MANIPULATION SYSTEMS

Dmytriev D.O., Rusanov S.A., Rachinskiy V.V.
Kherson National Technical University (Ukraine)

Introduction. Modern production industry is not limited by technical requirements for processing at factory or workshop. In many cases, there is a need to have movable processing equipment or positioning equipment that would meet the criteria of accuracy, efficiency and enhanced functionality.

Problem statement. The most perspective in this area is metal frame processing equipment with a spatial hinge-rod mechanisms of parallel structure (MPS) [1]. But static kinematic structure and traditional base layout limits equipment workspace [2]. Genetic inversion operator [3] used for solving this problem at MPS with constant length rods. Also this paper presents new layout configurations for objects manipulation equipment [4] with enhanced functionality and new features (fig. 1).

Main material. Functional and service capabilities are increased by moving the actuators with movable carriage to frame of movable platform. This solution achieves a significant increase in options for attachment to external mounting and improves control of end-effector rigidity value in appropriate direction. Thus workspace transferred out of the overall layout size and mobile platform forms a separate module that is easily transported and installed nearby processed object.

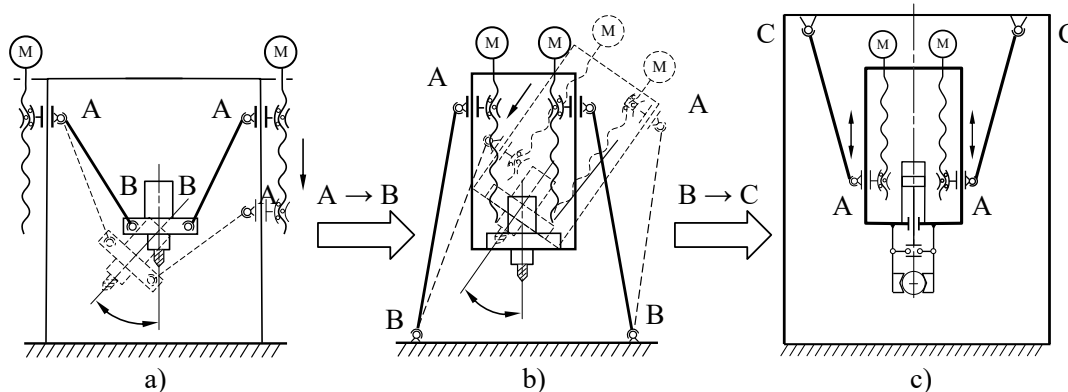


Fig. 1. Inversion realization scheme for new manipulation MPS systems properties:
a – traditional glide-layout; b – drives and carriage are moved to the mobile platform;
c – fastening rods transferred to another (any) surface

Manipulation mechanism (fig. 1) consists of a mobile platform as a frame on which locates stepping motors and independent drives. Each drive includes screw transmission with a mobile carriage that moves along rails that frame combined into a single module - the mobile platform with constant length bars connected at one end by hinges to the mobile platform and by another hinges on the other end, by which manipulate mechanism is attached, to any external supports either in industrial or in non-industrial (field) conditions. On the mobile platform can be positioned end-effector - the motor-spindle with tool, manipulator gripper, laser, plasma cutter and so on. Objects manipulate mechanism in technological equipment provided by CNC system for movement control that generates and delivers control signal to translate movement actuators. Drives of manipulation mechanism receive an independent control signal that allows independent movement of all carriages. These movements change the position of the mobile platform with gripping device or motor-spindle tool in the space for independent coordinate axes.

Depending on the configuration and size of the required working space and environment condition can be created the others variants of attaching of the mechanism of manipulation in the vertical or horizontal planes at either top or bottom by constant length rods fastening (fig.2).

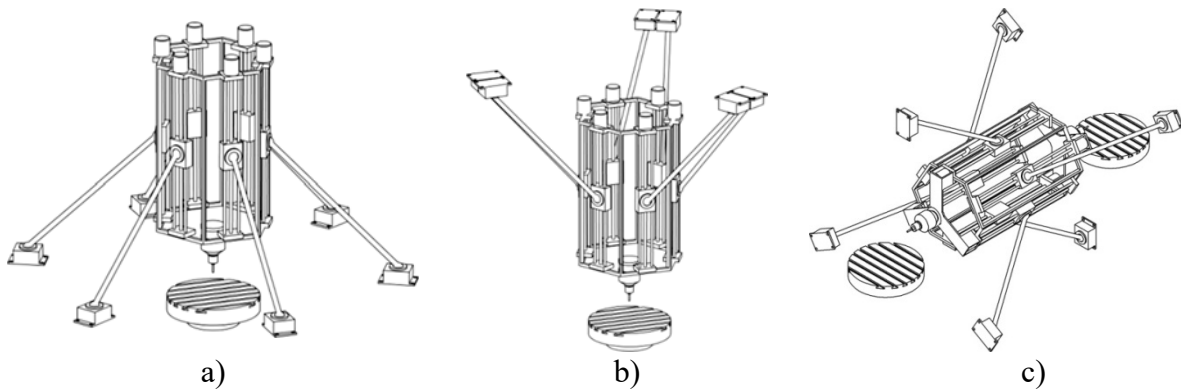
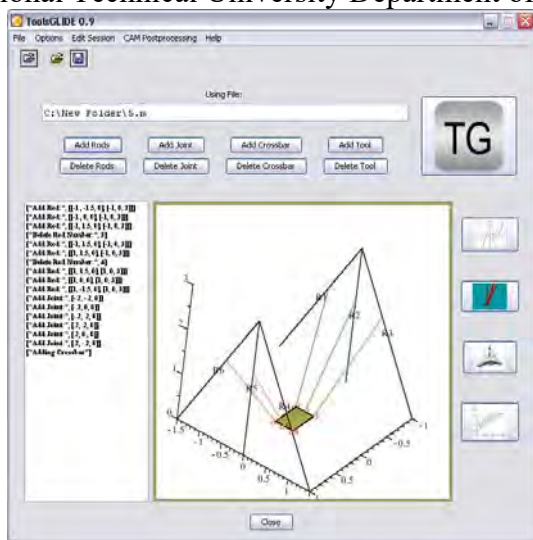


Fig. 2. Layout of manipulation multipurpose mechanism with different initial location of mobile platforms, a – rods attached to horizontal surface bottom and evenly distributed; b – rods attached to the horizontal surface top and connected in pairs; c – horizontal location of the mobile platform and by three separate rods attached to sides of two vertical parallel planes

However, there is a need for mathematical and interactive software for technical performance estimation and for creation of control program for each layout variant. Department of construction of KNTU together with Department of design machine-tools and machines NTUU "KPI" designed external software modules "Tools Glide", "Tools Response", "Tools App" [5]. "Tools Glide" system (fig.3, a) conducted kinematic analysis by one of its mode either "Simple matrix scenario" or "Virtual potential scenario". In accordance with imported paths and tool orientations file (can be used CL-data file from another CAM systems) the program calculates inverse kinematic problem solution, exports data to the post processor, produces data for other types of analysis, and makes animation workflow (fig. 3). Also this software uses to analyze efficiency and design of control programs for pyramidal type machine-tools with mechanisms of parallel structure. "Tools Glide", "Tools Response" and "Tools App" are used as software for drilling and milling MPS machine-tool prototype SFVPK-4 (Fig.3, b) in a laboratory of Kherson National Technical University Department of constructing.



a)



b)

Fig. 3. "Tools Glide" main window interface (a) Drilling and milling machine-tool prototype with mechanism of parallel structure SFVPK-4 (b)

These computer programs based on methods of analytic geometry, vector analysis, calculus of variations, finite element, tensor calculus [6, 7, 8]. Structure of software modules "Tools Glide" and "Tools Response" composed of blocks of kinematics and rigidity (compliance) blocks. At fig. 4 shows calculation and comparison of tensor ellipsoids $(\hat{T}\mathbf{r})\mathbf{r} = 1$ of the two frame layouts of machine-tools with the MPS in fig.1, a – "classic scheme" and scheme obtained by inversion in

fig.1, with the same physical properties of the elements. Where \mathbf{T} – compliances tensor, \mathbf{r} – force \mathbf{F} vector, then $\widehat{\mathbf{T}}\mathbf{F} = \mathbf{u}$, where \mathbf{u} is vector of displacement under force \mathbf{F} action, and surface $(\widehat{\mathbf{T}}\mathbf{F})\mathbf{F} = \text{const}$ is surface of level proportional to the given force effort executes given work in specified direction.

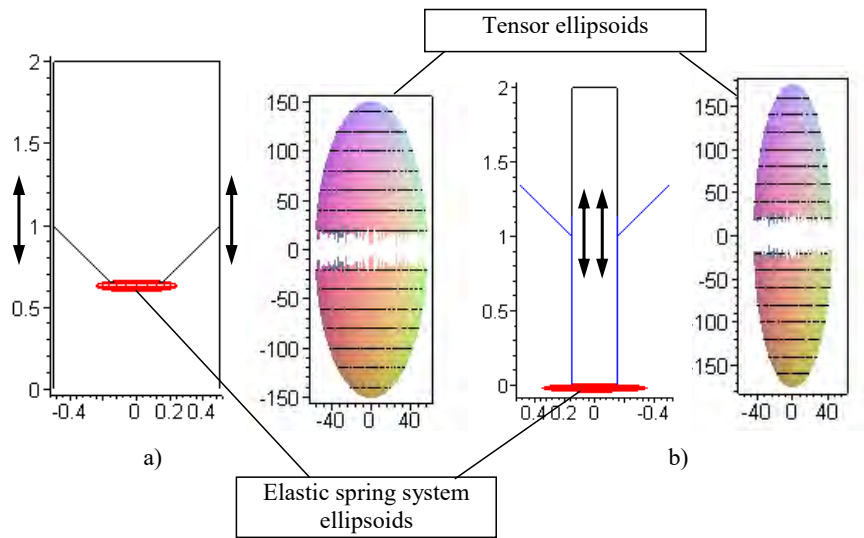


Fig. 4. Results of program "Tools Response" calculation - compliance ellipsoids and elastic displacement of MPS frame configurations tensor ellipsoids: a - classical glide scheme with guide rails and carriages on stationary base; b – inverse glide scheme with the guide rails and carriages on mobile platform

Conclusions. The developed mechanism can be effectively used in engineering to perform various technological operations related with the manipulation, transfer, processing of workpieces and allows to perform various technological operations for object manipulation in all type of location, especially in non-industrial and field type.

REFERENCES

1. Kuznetsov Yu.M., Dmitriev D.O., Dinevych G.Yu. Configuration of machine-tools with mechanisms of parallel structure: Monograph. - Kherson PE Vyshemyrskyy, 2009. – 456 p., 2010. – 471 p. (rus)
2. Kuznetsov, Yu.M. Support maneuverability in the workspace of new configuration multicoordinate machine-tool Kuznetsov, D.O. Dmitriev //Visnyk of Kherson National Technical University. Vol 3(32).-Kherson:KNTU, 2009. – p. 15-21.
3. Kuznetsov Yu. M Genetic approach – key to creating complex technical systems / Yu.M.Kuznetsov, V. F. Shinkarenko //Scientific journal "Technological complexes", №1,2(5,6), 2012. – p.15 – 29.
4. Kuznetsov Yu.M., Bardachev Yu. M., Dmitriev D. O., Piven S.M. "Object manipulation mechanism in technological equipment," Invention Application No. a201512568 from 21.12.2015.
5. Rusanov S.A., Kuznetsov Yu.M., Dmitriev D.O., Podolsky, M.I. Certificate of registration of copyright computer program " App Tools" – No. 57913 from 29.12.2014 – State service of intellectual property, Ukraine.
6. Borisenko A.I. Vector analysis and beginning of tensor calculus / Borisenko A.I., Tarapov I.E. - Higher School. M.: 1966. – 250 c .
7. Svetlitskiy V. A. Mechanics of flexible rods and filaments. – M.: Mashinostroenie, 1978. – 222 c
8. Poduraev Yu. V. B., Mechatronics: basic, methods, application – M.: Mashinostroenie, 2006. – 286 p.

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ТЕПЛООБМІНУ КОРПУСА КОНВЕРТОВАНОГО ГАЗОТУРБІННОГО ДВИГУНА

Костюк В.Є., Кирилаш О.І.

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ» (Україна)

Конвертовані (суднові або авіаційні) газотурбінні двигуни (ГТД) широко використовують у складі силових блоків (БС) турбокомпресорних агрегатів (ТКА) на блочно-комплектних компресорних станціях. Зростання термодинамічних параметрів таких ГТД супроводжується значним розігрівом їхніх корпусів, що призводить до збільшення ризиків пожежі та вибуху ТКА і порушення роботоздатності розташованого в БС обладнання. Вирішенню даної проблеми сприяє розміщення приводної газотурбінної установки у вентильованому укритті (кожусі) та покриття її елементів тепловою ізоляцією [1]. Створення надійних і безпечних ТКА, що оснащені високоефективними конвертованими ГТД, потребує залучення сучасних методів розрахунку теплового стану БС, зокрема для підтвердження ефективності конструктивних заходів, спрямованих на забезпечення їхніх припустимих теплових режимів. Вдалий вибір розрахункової області та задання адекватних граничних умов при моделюванні теплового стану БС ТКА методами розрахункової аерогідродинаміки є нетривіальною проблемою, від способу вирішення якої залежить точність числового рішення.

У загальному випадку укриття можна розглядати як систему таких енергетично пов'язаних елементів: огорожувальні конструкції; обладнання (у тому числі ГТД і газовідвідний пристрій); зовнішнє та вентиляційне повітря; робоче тіло (циклове повітря та цикловий газ) ГТД; цикловий газ, що протікає всередині газовідвідного пристрою; тепловипромінюючі тіла, що оточують укриття; теплопровідне середовище, розташоване під підлогою. Крайову задачу визначення теплового стану БС ТКА бажано формулювати як спряжену на поверхнях розділу всіх тіл, що складають систему, але це недосяжно за обчислювальними ресурсами. Автори робіт [2 – 5] спростили постановку задач, повністю або частково вилучивши з розгляду найбільш складний елемент системи – ГТД. Так, в роботах [2 – 4] ділянки границі розрахункової області співпадали із зовнішніми, а в роботі [5] – із внутрішніми поверхнями корпусу ГТД. На завданих ділянках границі в роботах [2] і [3] завдавали граничні умови теплообміну першого та другого роду відповідно, а в роботах [4, 5] – граничні умови теплообміну третього роду. Оскільки ці умови залежать від розподілу температури вентиляційного повітря, яке в усіх постановках задач є шуканим, а також від режиму роботи ГТД, їхнє практичне застосування можливе лише у поєднанні з деякою математичною моделлю теплообміну корпусу ГТД. Очевидно, що при використанні граничних умов теплообміну першого та другого роду така модель може бути лише емпіричною.

Використання граничних умов теплообміну у поєднанні з припущенням про незалежність умов усередині проточної частини ГТД від умов в укритті дає можливість розробити модель теплообміну корпусу ГТД як джерела виділення теплоти у простір БС ТКА, яку уточнюють за результатами експерименту. Така модель придатна для використання в складі відповідних частинних варіантів математичної моделі теплофізичних процесів у БС ТКА та забезпечує їхню універсальність щодо режимів роботи ГТД і системи вентиляції БС. Модель теплообміну корпусу ГТД засновано на описі фізичних процесів, що відбуваються в ГТД, за допомогою його термогазодинамічної моделі, моделі складного теплообміну в проточній частині та моделі теплопровідності в корпусних деталях. Зазначену модель реалізовано шляхом формулювання та вирішення крайової задачі про стаціонарний тепловий стан корпусу ГТД ДГ90Л2 без обдуву вентиляційним повітрям.

Граничні умови теплообміну на корпусі ГТД визначали наступним чином. У корпусних деталях ГТД ДГ90Л2 умовно виділяли частини, що складають зовнішню

оболонку, яка відокремлює проточну частину від навколишнього середовища. Цю оболонку умовно поділяли на 33 ділянки, що відповідають 33 елементам проточної частини ГТД. У поперечних перерізах проточної частини ГТД, що відокремлюють її елементи, за допомогою термогазодинамічної моделі ГТД визначали середні температури та швидкості робочого тіла. З використанням даних параметрів та лінійних розмірів елементів за відомими критеріальними рівняннями розраховували в першому наближенні коефіцієнти тепловіддачі від теплоносія (робочого тіла) до ділянок внутрішніх поверхонь оболонкової частини корпусу ГТД. Опромінення корпусу камери згоряння жаровими трубами враховували завданням радіаційно-конвективних граничних умов, а тепловий потік, обумовлений теплопровідністю вздовж корпусу компресора високого тиску, – явно, за наближеною оцінкою.

У першому наближенні враховували тільки теплопровідність у нормальному напрямку до оболонкової частини корпусу ГТД, у другому – також вздовж неї з використанням двовимірної моделі теплопровідності в тонкій оболонці. Розходження між розрахунковими та вимірними температурами контрольних ділянок корпусу ГТД зумовили необхідність подальшого уточнення математичної моделі теплообміну корпусу ГТД.

Адекватність моделі теплообміну корпусу ГТД забезпечували корекцією граничних умов теплообміну на корпусі за експериментальними даними. Коригували 17 параметрів зазначеної математичної моделі на ряді ділянок корпусу, а саме коефіцієнти тепловіддачі, питомі теплові потоки та радіаційні температури. Задачу уточнення математичної моделі теплообміну корпусу ГТД формували як задачу багатокритеріальної умовної оптимізації. Запропонований метод корекції граничних умов теплообміну на корпусі ГТД включав послідовне вирішення прямої й оберненої задач теплообміну за ітераційним алгоритмом до досягнення розбіжностей розрахункових та експериментальних температур контрольних ділянок корпусу ГТД менше 5,0 К.

Включення математичної моделі теплообміну корпусу ГТД до складу математичної моделі теплофізичних процесів у БС ТКА дозволило оцінити оптимальне розташування допоміжного обладнання всередині БС і можливість забезпечення припустимого теплового режиму БС за допомогою теплової ізоляції корпусу ГТД та дослідити нерівномірність розподілу температури корпусу ГТД в окружному напрямку.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кирилаш, О. І. Забезпечення теплового режиму силових блоків турбокомпресорних агрегатів з конвертованими газотурбінними двигунами : автореф. дис. канд. техн. наук : 05.14.06 / Кирилаш Олена Іванівна. – Харків, 2016. – 20 с.
2. Исследование газодинамических характеристик шумотеплоизолирующего кожуха газотурбинной установки газоперекачивающего агрегата при аварийном отключении вентиляторов системы охлаждения / П. В. Трусков, Д. А. Чарнцев, И. Р. Кац, В. В. Мокшанов, А. М. Печенкина // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2008. – № 9. – С. 27-29.
3. Месропян А.В. Численное моделирование газодинамики и тепломассопереноса в системе охлаждения бокса ГТД / А. В. Месропян, И. И. Мухамедзянова // Вестник УГАТУ. – 2010. – Т. 14, № 1. – С. 25 – 31.
4. Чарнцев Д.А. Математическое моделирование теплового состояния шумотеплоизолирующих кожухов : автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук: спец. 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» / Д. А. Чарнцев. – Пермь, 2012. – 16 с.
5. Results and Experience from Ge Energy's MS5002E Gas Turbine Testing and Evaluation / M. D'Ercole, G. Biffaroni, F. Grifoni, F. Zanobini, P. Pecchi // Proceedings of ASME TurboExpo 2005. Reno, Nevada, USA. June 6-9, 2005. GT2005-68053. – 9 pp.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ УГЛОВЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ПРИ ЛАЗЕРНОЙ СВАРКЕ ТАВРОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

¹Лабарткава А.В., ²Матвиенко М.В., ³Li Ruifeng, ³Qi Kai

¹Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова (Украина)

²Херсонский филиал Национального университета кораблестроения имени адмирала Макарова (Украина)

³Jiangsu University of Science and Technology (China)

Лазерная сварка обладает существенными преимуществами перед дуговыми способами сварки: осуществление процесса с высокой скоростью за один проход без дополнительной обработки кромок, минимальная зона термического воздействия, отсутствие напряжений и повышение коррозионной стойкости. Одной из проблем при выполнении сварки тонколистового металла является сварочные деформации. Для дуговой сварки существует ряд зависимостей, позволяющих предварительно оценить уровень деформаций по параметрам режима сварки, но из-за особенностей формирования шва при лазерной сварке они не применимы на практике.

Исследовалось влияние мощности лазерного излучения на стрелку прогиба и угловые деформации при лазерной сварке тавровых соединений со сквозным проплавлением. Исследования проводились при изменении мощности от 3750...4500 Вт при постоянной скорости сварки $V_{св}=30$ мм/с. Образец для проведения экспериментального исследования влияния мощности имел габаритные размеры 150×150×3 мм полка, и 150×60×3 мм стенка образца. Стрелка прогиба замерялась до, и после сварки деформометром (база 100 мм).

Анализ зависимости угловой деформации по длине образца при различных мощностях лазера показал, что при удалении от края образца угловая деформация увеличивается и далее стабилизируется, что соответствует классической теории угловых деформаций при дуговой сварке. Анализ макрошлифов сварных соединений, показал, что по толщине сварной шов имеет две зоны: трапециидальную и прямоугольную (рис. 1).

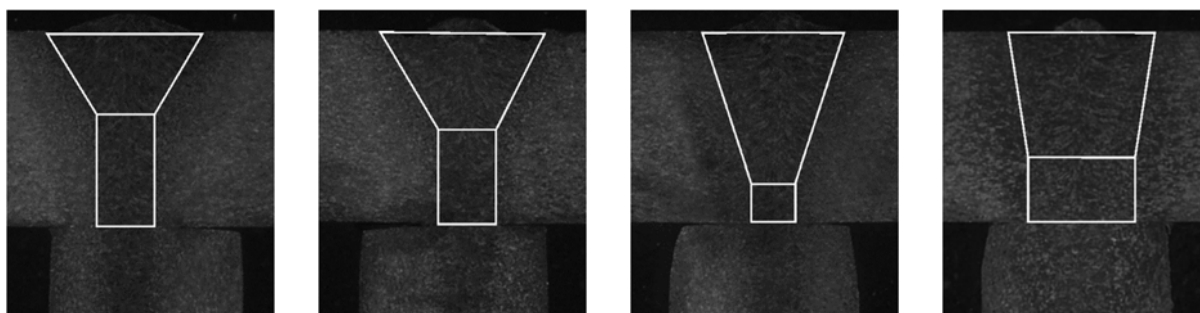


Рисунок 1. Макрошлифы сварных соединений

Установлено, что на параметр ширина шва (g) (рис. 2) мощность лазера не оказывает линейного влияния, так при $P=3750$ Вт ширина шва 1,91 мм при увеличении мощности до 4000 Вт ширина шва возрастает до 2,3 мм, но при дальнейшем увеличении мощности ширина уменьшается до 1,76 мм. Максимальный разброс ширины шва составляет 0,66 мм. При дальнейшем анализе влияния мощности лазерного излучения на угловые деформации будем использовать среднюю ширину шва $g_{ср}=2,098$ мм. Для оценки влияния мощности лазера на угловые деформации целесообразно использовать зависимость высоты треугольной и цилиндрической части от мощности лазера $g_{ср}/h_1$ и $g_{ср}/h_2$. Эти параметры имеют линейную зависимость от мощности лазера. Анализ зависимостей (рис.3) показал, что соотношение $g_{ср}/h_1$ при изменении мощности лазера от 3750 до 4500 изменяется в малом диапазоне, на практике более целесообразно использовать соотношение $g_{ср}/h_2$.

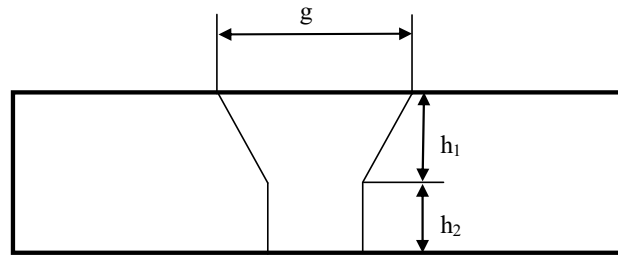


Рисунок 2. Основные параметры сварного шва: g – ширина шва, h_1 – высота трапециидальной части, h_2 – высота прямоугольной части

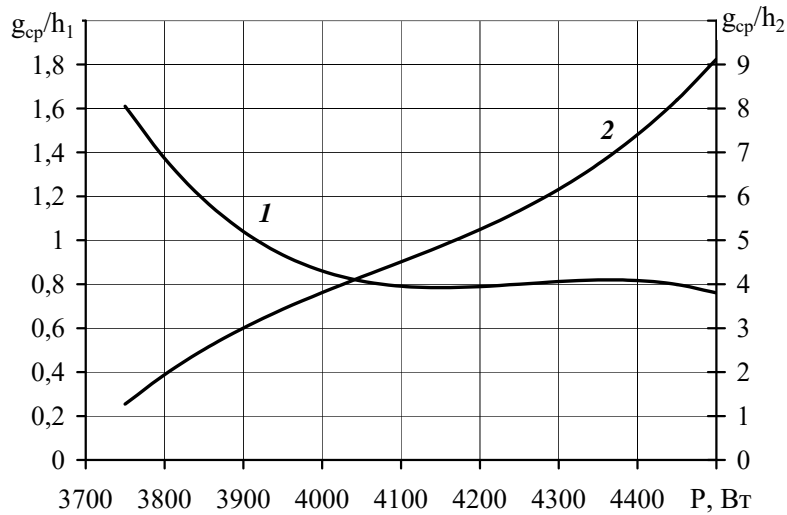


Рисунок 3. Зависимость отношений g_{cp}/h_1 и g_{cp}/h_2 от мощности лазера: 1 – g_{cp}/h_1 ; 2 – g_{cp}/h_2

Методами регрессионного анализа получена зависимость и угла поворота от g_{cp}/h_2 (рис. 4).

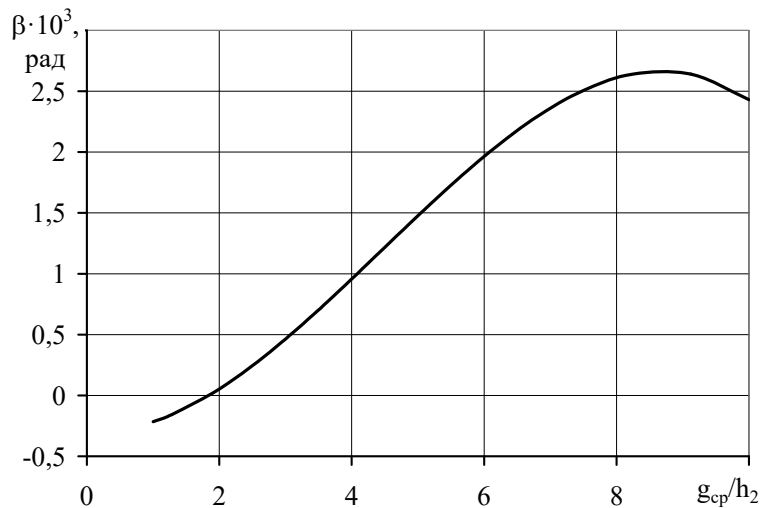


Рисунок 4. Зависимость угла поворота соотношения g_{cp}/h_2

Вывод. Проведены исследования влияния мощности лазерного излучения на стрелку прогиба и угловые деформации при лазерной сварке тавровых соединений со сквозным проплавлением. Исследования проводились при изменении мощности от 3750...4500 Вт. При исследовании макрошлифов сварных соединений установлено, что по высоте образца макрошлиф имеет две ярко выраженные области (трапециидальную и прямоугольную). На ширину шва изменение мощности источника практически не оказывает влияния. Получена зависимость угла поворота от соотношения g_{cp}/h_2 .

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАГОТОВОК ГВИНТОВИХ СПІРАЛЕЙ

Лещук Р.Я., Кобельник В.Р.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)

Гвинтові транспортні механізми широко використовуються в технологічному обладнанні, металорізальних верстатах, автоматичних лініях і багатьох інших транспортно-технологічних системах.

Особливості технології виготовлення гвинтових спіралей перш за все обумовлюється їх складною геометричною формою. В залежності від конструктивних параметрів, умов роботи і програми випуску вибирають спосіб їх виготовлення, який визначає економічність, довговічність і точність виробу.

При проектуванні технології виготовлення широкополосних гвинтових спіралей, які нераціонально виготовляти способами навивання на оправку чи прокатування з коефіцієнтом нерівномірності витягування $k > 3$, у вигляді одного витка або менше – доцільно використовувати процес штампування. В порівнянні із технологією навивання спіралей шнеків процес штампування таких деталей із кільцевих заготовок є значно прогресивнішим і економічно доцільнішим. При цьому важливим фактором, який визначає надійність і довговічність гвинтових механізмів є різниця товщини внутрішньої і зовнішньої кромки (при прокатуванні товщина зовнішньої кромки в 1,5...2,5 рази менша від внутрішньої), і відповідно цього недоліку позбавлений спосіб штампування заготовок гвинтових елементів шнеків.

Для забезпечення якості штампування елементів шнеків необхідною умовою є технічний стан штампного обладнання, його надійність, довговічність і зносостійкість, а також мінімальне зусилля штампування. Зносостійкість пуансонів штампного оснащення при холодній обробці товстостієвих деталей тиском в значній мірі залежить від якісного і надійного змащування їх робочих поверхонь. В процесі експлуатації штампів в більшості випадків пуансони не змащуються або змащування проводиться періодично вручну, що приводить до їх передчасного зношення.

Для зменшення зусилля різання, формоутворення і підвищення надійності та довговічності штампів досліджено систему автоматичного змащення пуансона і матриці. В нашому випадку у штампі для обробки стрічкового матеріалу встановлений пристрій для змащування матеріалу. Пристрій для змащення пар тертя містить корпус 1, який охоплює пуансон 2 з можливістю осьового переміщення. Корпус 1 кріпиться з допомогою гвинтів 3 і пружин 4 до верхньої плити 5 штамп. На торці корпусу 1, який повернутий до заготовки, встановлені змащуючий елемент у вигляді кільця 6, а в середині - змащуючий елемент в вигляді кільця 7, який контактує з пуансоном 2. Розміри і форма кільця відповідають розміру пуансона 8. Кільце з'єднано з маслопроводом 9, а між собою кільця 6 і 7 з'єднані каналами 10.

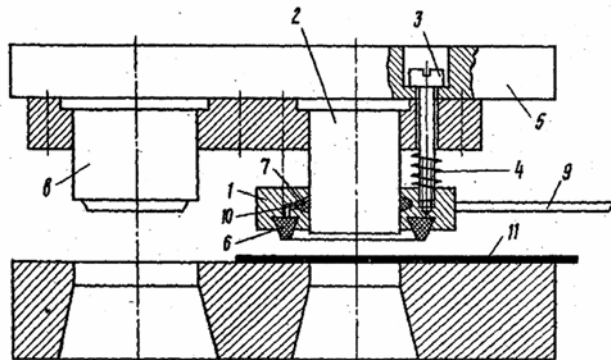


Рисунок 1. Штамп для обробки полосового та стрічкового матеріалу

Матеріал 11 подається на першу позицію штамп. При опусканні верхньої плити 5 корпус 1 робить відмітку на матеріалі 11 змащуючим кільцем 6 і змащує пуансон 2 змащуючим кільцем 7. Таким чином, обробка матеріалу на обох робочих позиціях проходить зі змащуванням, але габаритні розміри штамп не збільшуються за рахунок встановлення корпусу 1 на пуансоні 2.

Після робочого ходу штамп на стрічці залишаються масляні відбитки, які мають форму контуру деталі. Пристрій виставляють відносно пуансона на відстані кратному кроку подачі, тому деталь вирубують по змащувальному периметру. Мінімальна ширина B змащуючого шару визначається максимально можливим двохстороннім зазором Z_{max} між матрицею і пуансоном, похибкою встановлення $\epsilon_{вст}$ по упорах і похибкою $\epsilon_{роз}$ розміщення пристрою для змащування відносно робочих частин штамп визначається по формулі:

$$B = k(Z_{max} / 2 + \epsilon_{вст} + \epsilon_{роз}), \quad (1)$$

де $k = 1,5 \div 2,5$ – коефіцієнт, який враховує нерівномірність нанесення мастила, товщину заготовки, технічний стан штамп та інші параметри.

При вирубуванні зовнішнього контуру і пробиванні отворів, виходячи із прийнятої схеми, призначення допусків на виготовлення і зношення пуансона і матриці можна представити у вигляді:

$$Z_{max} = Z + 2\Delta, \quad (2)$$

де Z – номінальний (найменший) двохсторонній зазор; Δ – допуск на виконавчий розмір деталі або отвору.

В більшості випадків значення ширини змащуючого відбитку розрахованого по залежності (1), достатньо для нормального змащування різальних елементів штамп. При застосуванні пристрою на штампах для точного штампуння і калібрування із зменшеними зазорами між пуансоном і матрицею ширину войлокових тілець необхідно збільшити на 1...2 мм в порівнянні з розрахунковими даними. Висоту виступаючої із корпусу частини войлокових кілець приймають 2...5 мм в залежності від розміру кільця. Товщина масляного відбитку залежить від зусилля притискання войлокового кільця до полоси і кількості мастила, яке регулюється розміром вихідного отвору. Для отримання порівняльних даних по зносостійкості робочих поверхонь штамп проводилось три серії дослідів при штампунні стрічки: 1) в стані поставки; 2) з використанням емульсії; 3) з використанням відбитків мастилом індустріальним. Зношення пуансона характеризується сумарним боковим зношенням $F_{п.б.}$ і сумарним торцевим зношенням $F_{п.т.}$, яке поступово накопичується в ході експлуатації штамп.

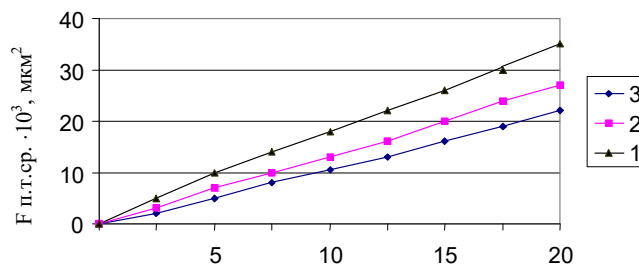


Рисунок 2. Зміна сумарного зношення пуансона по різальному контуру в залежності від числа деталей N

Криві, які характеризують зміну зношення пуансона по різальному контуру, в цілому для всіх трьох серій експериментів мають один і той же характер. а торцеве зношення пуансона найбільш суттєво сповільнюється при використанні мастильного відбитку.

В результаті проведених експериментів встановлено, що з метою підвищення якості виготовлених деталей і підвищення надійності і довговічності технологічного устаткування доцільно проводити змащування зон тертя при проведенні операції штампуння (вирубування) заготовок гвинтових елементів шнеків.

РЕГУЛИРОВАНИЕ ТОЛЩИНЫ И РАВНОМЕРНОСТИ КЛЕЕВОЙ ПРОСЛОЙКИ

¹Ляшенко Б.А., ²Бычкова К.Н., ³Ивченко Т.И., ³Троцан Г.Н.

¹Институт проблем прочности им. Г. С. Писаренко (Украина)

²Киевский национальный университет технологий и дизайна (Украина)

³Херсонская государственная морская академия (Украина)

Введение. При склеивании образцов или реальных конструкций неизбежно возникают задачи регулирования, нормирования и обеспечения оптимальной толщины клеевого слоя по всей площади склеивания.

Зависимость прочности от толщины клеевого слоя в соединении отмечается многими исследователями. Известен ряд аналитических работ по оценке влияния толщины клеевого слоя на сопротивление разрушению клеевых соединений и композиционных материалов [1-4]. Установлена зависимость вязкости разрушения от толщины клеевого слоя. Исследование влияния формы нахлесточного соединения на зависимость «нагрузка-момент» показало, что наибольший эффект оказывает толщина клеевого слоя.

Актуальность исследований. Важнейшую роль в обеспечении прочности играет равномерность толщины слоя по всей площади соединения. Толщина слоя зависит от величины приложенного груза и вязкости клея. При малой вязкости клея возможно образование «зон непрочности» или так называемого «голодного клеевого шва». При склеивании деталей сложной конфигурации сила тяжести груза раскладывается на составляющие по нормам к поверхности и равномерность клеевого слоя нарушается.

Таким образом, обеспечение требуемой толщины и равномерности клеевого слоя по всей площади соединяемых поверхностей, как в лабораторных, так и в производственных условиях, вызывает значительные затруднения.

Постановка задачи. Поэтому одной из задач настоящей работы является создание общедоступного способа обеспечения заданной толщины и равномерности клеевого слоя по всей площади соединения и оптимизация этого параметра.

Результаты исследований. Задача решается введением в клеевой состав мелкодисперсных частиц абразивного порошка наполнителя, размеры которого соизмеримы с параметрами шероховатости склеиваемых поверхностей. На рис. 1. приведена схема, по которой осуществляется склеивание детали 1 и детали 2.

Предлагаемый способ склеивания проведен на образцах конического резьбового соединения бурильных труб с внутренним диаметром $D_{вн} = 110$ мм. По условиям работы различных датчиков, контролирующих процесс бурения, суммарное электрическое сопротивление $R_{сум}$ по резьбовому соединению должно оставаться на уровне $R_{сум} \geq 200$ Ом на протяжении всего периода эксплуатации.

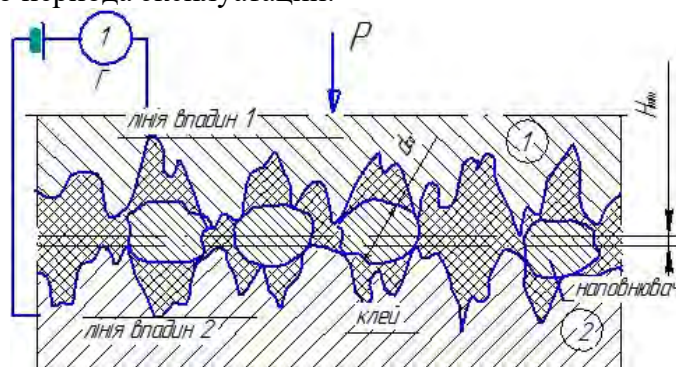


Рисунок 1. Схема регулирования, стабилизации и обеспечения оптимальной толщины клеевой прослойки с помощью введения мелкодисперсных частиц абразивного порошка наполнителя

В качестве керамического наполнителя применили монодисперсный порошок Al_2O_3 размером частиц $d_{cp} = 50$ мкм. Количество наполнителя 5...8 % верхний предел ограничен увеличением вязкости клея.

Испытание образца клеерезьбового соединения с полидисперсным наполнителем при $d_{max} = 500$ мкм показало критическую нагрузку свыше 40 т (не хватило шкалы разрывной машины). Исходное суммарное электросопротивление $R_{сум} = 1,3$ МОм оставалось неизменным при максимальной нагрузке.

Выводы. Из диаграммы (рис. 2) видно преимущество предлагаемого способа склеивания.

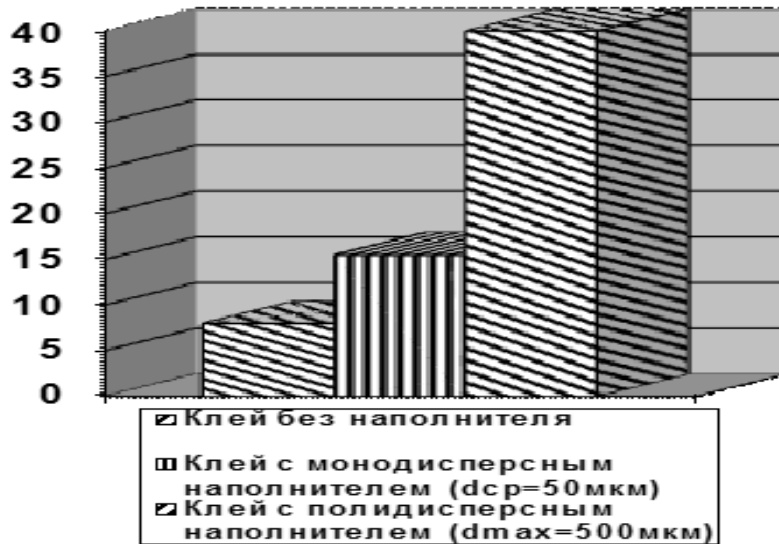


Рисунок 2. Сравнительная диаграмма прочности клеевых соединений

ЛИТЕРАТУРА

1. Elastic-plastic analysis of cracks in adhesive joints. Effect of bond thickness on fracture toughness / Ikeda Toru, Yamashita Akira, Miyazaki Noriyuki // Nihon kikai gakkai ronbunshu. A=Trans. Jap. Soc. Mech. Eng. A. - 1996.-62, № 602.- 2200-2206 с.
2. Elastic-plastic analysis of cracks in adhesive joints (effect of bond thickness on fracture toughness)/ Ikeda Toru, Yamashita Akira, Miyazaki Noriyuki // 19th Int. Congr. Theor. and Appl. Mech., Kyoto, Aug. 25-31, 1996: Abstr. - Kyoto, 1996. – 619 с.
3. Исследование напряженно-деформированного состояния межфазной трещины с учетом толщины клеевой прослойки / Пастернак Е.Г. // Придніпр. Наук. вісн. – 1996. – № 5. – 21с.
4. Bond thickness effects upon stresses in single-lap adhesive joints. Ojalvo I.U., Eidinoff H.L. "AIAA Journal", 1978, 16, № 3. – p. 204-211.

МЕТОДИ ПЛАНУВАННЯ ТРАЄКТОРІЙ МАНІПУЛЯТОРІВ

Михайлишин Р.І., Савків В.Б., Проць Я.І.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)

За своєю сутністю планувальник траєкторій можна розглядати як «чорний ящик» (рис. 1). На вхід планувальника траєкторій подають змінні, що характеризують накладені на траєкторію руху обмеження. Виходом планувальника траєкторій є задана у часі послідовність проміжних точок, через які маніпулятор повинен пройти на шляху з початкової до кінцевої точки траєкторії, а також визначені (у декартових чи приєднаних координатах) в цих точках орієнтація, швидкість та прискорення маніпулятора. Проблема полягає в узагальненні уже розроблених математичних методів для вибору й опису бажаного руху маніпулятора між початковою та кінцевою точками траєкторії.

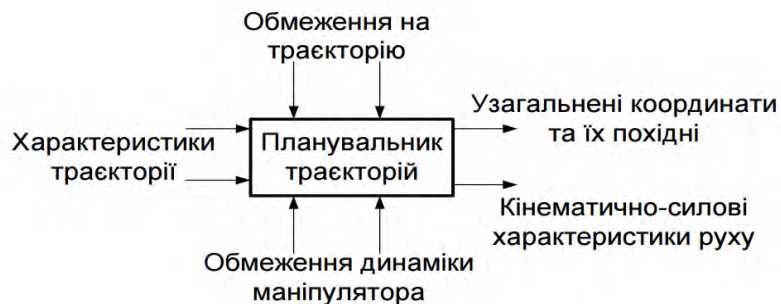


Рисунок 1. Блок-схема планування траєкторій руху маніпуляторів

Планування траєкторій руху маніпуляторів (промислових, будівельних роботів) розглянуто у роботах [1]. Планування траєкторій маніпулятора зводиться до апроксимації [2] або інтерполяції [3] обраної траєкторії поліномами та вибору послідовності опорних точок, в яких проводиться корекція параметрів руху маніпулятора на шляху від початкової до кінцевої точки траєкторії.

Ефективність використання промислових роботів залежить від якості планування руху, тому необхідно узагальнити методи планування траєкторії маніпуляторів. Планування руху є одною з головних проблем у робототехніці.

Використовуючи програмний пакет ABB RobotStudio 6.0 [5] для програмування і симуляції промислових роботів, продемонструємо попередній приклад на моделі робота IRB 1200. У траєкторії з трапецієподібним швидкісним профілем прискорення є переривчастим. Як наслідок ривок (похідна прискорення) приймає нескінченні значення.

Це може призвести до небажаних явищ, викликаючи можливі вібрації. Однією з причин вібрацій можуть бути стрибки потужності двигунів маніпулятора рис. 2 через те, що прискорення на стадіях розгону і уповільнення приймають максимальні значення (в нашому випадку 3,2 і 5,3 м/с²).

Для того, щоб уникнути такої проблеми, планування траєкторії можна змінити додаючи, наприклад, профіль з безперервним прискоренням. В програмному середовищі RobotStudio для цього використовується функція PathAccLim (PathAccLim TRUE \AccMax: = 0.3, TRUE \DecelMax := 0.3). В результаті отримуємо трапецієподібний профіль в фазах прискорення і уповільнення рис. 3. З рис. 3 можна побачити, що коливання потужності двигуна відсутні, фази розгону і уповільнення проходять монотонно.

Висновки. У роботі узагальнено математичні методи для вибору й опису бажаного руху маніпулятора між початковою й кінцевою точками траєкторії [4]. У випадку трапецієподібного швидкісного профілю наведено можливі специфікації і знаходження невідомих значень по одному з заданих параметрів з демонстрацією дії функції безперервності в програмному середовищі [5] на потужність двигуна, а в свою чергу на вібрації ланок.

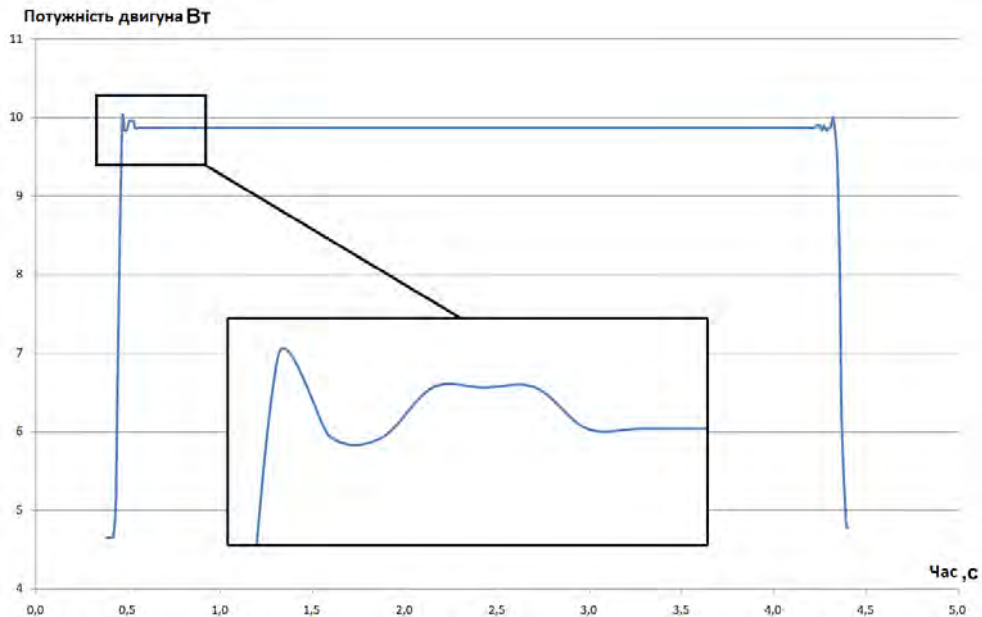


Рисунок 2. Графік потужності двигуна маніпулятора

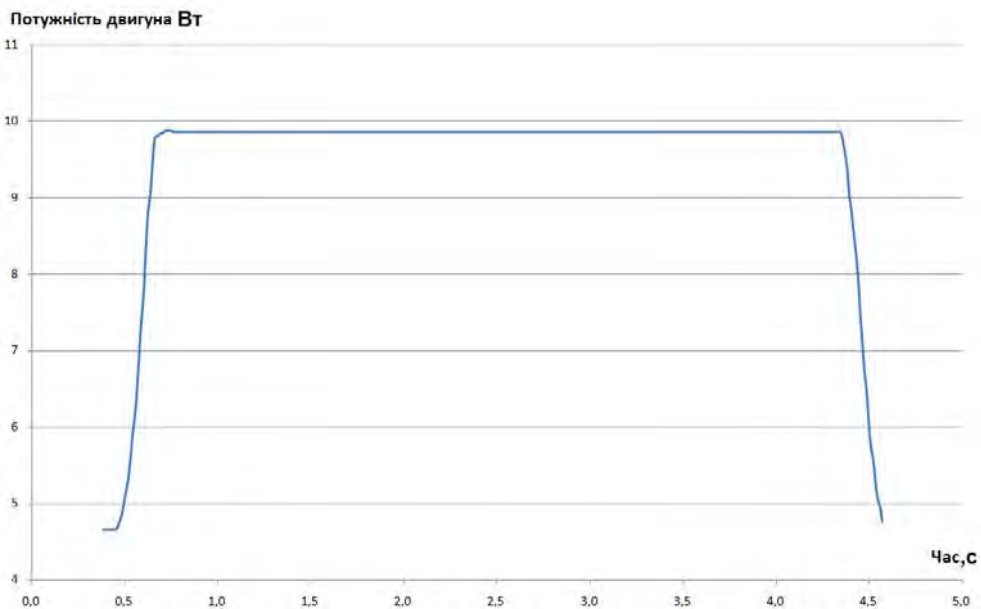


Рисунок 3. Графік потужності двигуна маніпулятора

ЛІТЕРАТУРА

1. Иванов В.А., Медведев В.С. Математические основы теории оптимального и логического управления. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. – 600 с.
2. С.А. Воротников Информационные устройства робототехнических систем. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. – 384 с.
3. David Cook, Intermediate Robot Building, Second Edition / D. Cook 2010. /481 p.
4. Михайлишин Р.І., Савків В.Б. "Аналіз методів планування траєкторій маніпуляторів." Збірник наукових праць «Перспективні технології та прилади» // Луцький НТУ (2016): 61-69.
5. Офіційний сайт фірми АВВ [Електрон. ресурс] – Режим доступу: <http://new.abb.com/products/robotics/robotstudio>.

ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ НАХОЖДЕНИЯ ПРИБЛИЖЕННОГО РЕШЕНИЯ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ ГИПЕРБОЛИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ ВТОРОГО ПОРЯДКА

Орумбаева Н.Т., Шаймардан Р.

Карагандинский государственный университет имени академика Е.А.Букетова, РГКП «Институт прикладной математики» КН МОН РК (Казахстан)

Математическое моделирование явлений и процессов, которые повторяются через определенный промежуток времени, приводит к необходимости исследования периодических краевых задач гиперболического типа.

Систематическое изучение периодических краевых задач для гиперболических уравнений со смешанными частными производными началось в 60-ые годы с работ Чезари. Дальнейшим исследованием вопросов разрешимости таких краевых задач занимались Хейл, Хеске, А.К. Азиз, С.В. Жестков, А.М. Самойленко, Ю.А. Митропольский, Г.П. Хома, М.И. Громьяк, Б.И.Пташник, Т.И. Кигурадзе и др.

Линейные и нелинейные гиперболические уравнения со смешанными производными второго порядка от двух независимых переменных применяются в динамике и кинетике сорбции газов при линейной и нелинейной изотерме, при описании кинетики фильтрационного осветления малоцентрированных водных суспензий на водоочистных фильтрах, при рассмотрении процессов сушки воздушным потоком и изоэнтропического одномерного плоского течения в газовой динамике. При изучении ударных волн в упругой или вязкопластической среде также использовались гиперболические уравнения со смешанной частной производной. Системы таких уравнений появляются при исследовании движения адсорбируемых смесей веществ, состоящих из многих компонент, через пористую предварительно насыщенную одним или несколькими веществами среду для малых и больших концентраций адсорбируемых веществ при постоянной или переменной скорости фильтрации.

Несмотря на наличие большого количества методов исследования периодических краевых задач интерес к ним не ослабевает и по сей день.

В настоящей работе рассматривается полупериодическая краевая задача для системы гиперболических уравнений. Для ее решения интервал разбивается на части и вводятся дополнительные параметры как значения решения в начальных точках полуинтервалов. По краевому условию и матрице дифференциального уравнения составлена система линейных алгебраических уравнений относительно параметров. Коэффициенты и правая часть системы определяются решениями задач Коши для линейных обыкновенных дифференциальных уравнений. Из системы находятся значения искомой функции в начальных точках полуинтервалов. На полуинтервалах задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений решаются методом Рунге-Кутты четвертого порядка.

На $\bar{\Omega} = [0, \varepsilon] \times [0, T]$ рассматривается краевая задача

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x \partial t} = A(x, t) \frac{\partial u}{\partial x} + C(x, t)u + f(x, t), \quad (1)$$

$$u(0, t) = \psi(t), \quad t \in [0, T], \quad (2)$$

$$u(x, 0) = u(x, T), \quad x \in [0, \varepsilon], \quad (3)$$

где $(n \times n)$ -матрицы $A(x, t)$, $C(x, t)$, n -вектор-функция $f(x, t)$ непрерывны на $\bar{\Omega}$, n -вектор-функция $\psi(t)$ непрерывно-дифференцируема на $[0, T]$ и удовлетворяет условию $\psi(0) = \psi(T)$. Для решения задачи (1)-(3) введем новую неизвестную функцию

$v(x, t) = \frac{\partial u(x, t)}{\partial x}$ и применяя метод параметризации [1] по шагу $h > 0$: $Nh = T$ произведем

разбиение $[0, T) = \bigcup_{r=1}^N [(r-1)h, rh)$, $N = 1, 2, \dots$. При этом область Ω разбивается на N частей.

Через $\lambda_r(x)$ обозначим значение функции $v_r(x, t)$ при $t = (r-1)h$, т.е. $\lambda_r(x) = v_r(x, (r-1)h)$ и сделаем следующую замену $\tilde{v}_r(x, t) = v_r(x, t) - \lambda_r(x)$, $r = \overline{1, N}$ [2]. Тогда получим эквивалентную краевую задачу с неизвестными функциями $\lambda_r(x)$:

$$\frac{\partial \tilde{v}_r}{\partial t} = A(x, t)\tilde{v}_r + A(x, t)\lambda_r(x) + C(x, t)u_r(x, t) + f(x, t), \quad (x, t) \in \Omega_r, \quad (4)$$

$$\tilde{v}_r(x, (r-1)h) = 0, \quad x \in [0, \varepsilon], \quad r = \overline{1, N}, \quad (5)$$

$$\lambda_1(x) - \lambda_N(x) - \lim_{t \rightarrow T-0} \tilde{v}_N(x, t) = 0, \quad x \in [0, \varepsilon], \quad (6)$$

$$\lambda_s(x) + \lim_{t \rightarrow sh-0} \tilde{v}_s(x, t) - \lambda_{s+1}(x) = 0, \quad x \in [0, \varepsilon], \quad s = \overline{1, N-1}, \quad (7)$$

$$u_r(x, t) = \psi(t) + \int_0^x \tilde{v}_r(\xi, t) d\xi + \int_0^x \lambda_r(\xi) d\xi, \quad (x, t) \in \Omega_r, \quad r = \overline{1, N}. \quad (8)$$

Задача (4), (5) при фиксированных $\lambda_r(x)$, $u_r(x, t)$ является однопараметрическим семейством задач Коши для систем обыкновенных дифференциальных уравнений, где $x \in [0, \omega]$ и эквивалентна интегральному уравнению

$$\tilde{v}_r(x, t) = \int_{(r-1)h}^t A(x, \tau) \tilde{v}_r(x, \tau) d\tau + \int_{(r-1)h}^t A(x, \tau) d\tau \cdot \lambda_r(x) + \int_{(r-1)h}^t [C(x, \tau)u_r(x, \tau) + f(x, \tau)] d\tau. \quad (9)$$

Переходя к пределу при $t \rightarrow rh-0$, и подставляя их в уравнения (6), (7), для неизвестных функций $\lambda_r(x)$, $r = \overline{1, N}$ получим систему функциональных уравнений:

$$\begin{cases} \lambda_1(x) - \lambda_N(x) - \\ - \int_{(N-1)h}^T A(x, \tau) \tilde{v}_r(x, \tau) d\tau - \int_{(N-1)h}^T A(x, \tau) d\tau \cdot \lambda_r(x) - \int_{(N-1)h}^T [C(x, \tau)u_r(x, \tau) + f(x, \tau)] d\tau = 0, \\ \lambda_s(x) + \int_{(s-1)h}^{sh} A(x, \tau) \tilde{v}_r(x, \tau) d\tau + \int_{(s-1)h}^{sh} A(x, \tau) d\tau \cdot \lambda_r(x) + \\ + \int_{(s-1)h}^{sh} [C(x, \tau)u_s(x, \tau) + f(x, \tau)] d\tau - \lambda_{s+1}(x) = 0, \quad s = \overline{1, N-1}. \end{cases} \quad (10)$$

Из системы уравнений (10), где $\tilde{v}_r^{(0)}(x, t) = 0$, $u_r^{(0)}(x, t) = \psi(t)$, находим $\lambda(x) = (\lambda_1(x), \lambda_2(x), \dots, \lambda_N(x))'$. При найденном $\lambda_r(x)$ используя метод Рунге-Кутты из (4), (5) вычислим функции $\tilde{v}_r(x, t)$. Функции $u_r(x, t)$, $r = \overline{1, N}$, определяются из соотношения (8).

Численные эксперименты показали эффективность предложенного метода нахождения численного решения полупериодической краевой задачи для гиперболических уравнений (1) – (3).

ЛИТЕРАТУРА

1. Джумабаев Д.С. Признаки однозначной разрешимости линейной краевой задачи для обыкновенных дифференциальных уравнений // Ж. вычисл. матем. и матем. физ. 1989. Т.29, №1. С.50-66.
2. Орумбаева Н.Т. Об одном алгоритме нахождения решения периодической краевой задачи для системы гиперболических уравнений // Сибирские электронные математические известия. – Т.10. – Новосибирск, 2013. // <http://semr.math.nsc.ru/conru.html>.

РОЗРАХУНОК ПРУЖНОГО МЕРТВОГО ХОДУ ПРИВОДУ ДАВАЧА КУТА ПЕРЕМІЩЕННЯ ПО АЗИМУТАЛЬНІЙ ОСІ СУПУТНИКОВОЇ АНТЕНИ

Паламар М.І., Наконечний Ю.І., Ярема І.Т., Чайківський А.В., Апостол Ю.О.
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)

При модернізації приводу азимутального супутникової антени діаметром 5м був спроектований кутомісний пристрій для відпрацювання кутів повороту по азимутальній осі (АЗ). Згідно із технічним завданням похибка відпрацювання кута не повинна перевищувати 4'. Оскільки в спроектованому пристрої застосований оптоелектронний давач кута конструкції ТНТУ з похибкою до 2', то сумарна кінематична похибка механізму з'єднання вала давача кута з нерухомим корпусом антени (приводу давача кута) не повинна перевищувати 2'. Схема спроектованого пристрою показана на рис. 1.

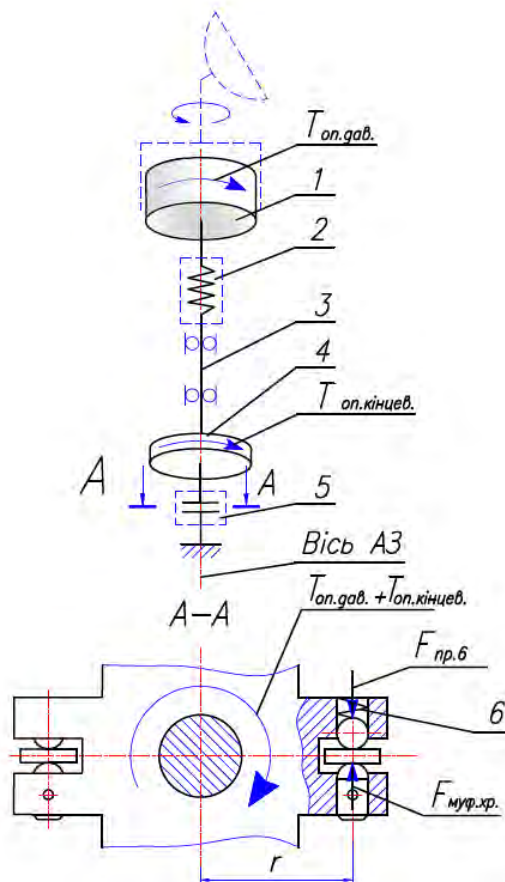


Рисунок 1. Схема кутомісного пристрою

Кутomisний пристрій складається з давача кута 1, пружної муфти 2, яка компенсує можливу радіальну та кутову неспіввідповідність вихідного вала давача та жорсткого підшипникового вала 3, і шарнірно-хрестової муфти 5. Конструкція приводу давача виконана беззazorною. Кінематичні похибки при вимірюванні кута повороту антени будуть виникати тільки внаслідок пружних деформацій муфти 2 від дії моменту $T_{оп.дав.}$ в опорах давача кута 1 та деформації пружин 6 в шарнірно-хрестовій муфті 5 від дії сумарного моменту $T_{оп.дав.}$ та моменту опору $T_{оп.кінцев.}$, що виникає в механізмі кінцевих вимикачів 4. При реверсивному русі антени ці пружні деформації подвоюються.

Результати розрахунків приведені в табл. 1. Розрахунки виконані для двох варіантів конструкції муфти 2: з пружним елементом у вигляді спіральної циліндричної нарізки та з кільцевими надрізами до половини діаметру муфти (має більшу крутильну жорсткість).

Враховано, також, що можуть застосовуватись давачі кута двох виконань: з підшипниками ковзання та манжетою для ущільнення вихідного вала (герметичні, можуть застосовуватись в умовах впливу атмосферного середовища, мають власний момент сил опору 0,075 Н·м) та з підшипниками кочення (мають власний момент сил опору 0,015 Н·м).

Таблиця 1. Розрахунок пружного мертвого ходу приводу давача кута по осі АЗ антени діаметром 5 м

1. Момент сил опору давача кута 1 (зусилля зрушення)	$T_{\text{оп.дав.}}$	З втулками ковзання і ущільненнями		З підшипниками кочення	
		0,075 Н·м		0,015 Н·м	
2. Жорсткість при крученні пружної муфти	$C_{\text{муф.пр.}}$	Спиральна нарізка	Кільцеві надрізи	Спиральна нарізка	Кільцеві надрізи
		40 Нм/рад	250 Н·м/рад	40 Нм/рад	250 Н·м/рад
3. Зусилля пружини 6 хрестової муфти 5	$F_{\text{пр.}}$	10 Н			
4. Плече r хрестової муфти 5	r	14 мм			
5. Момент сил опорумеханізму кінцевих вимикачів 4	$T_{\text{оп.кінцев.}}$	0,075 Нм			
6. Мінімальне необхідне зусилля пружини 6 при передачі хрестовою муфтою 5 обертового моменту $T_{\text{оп.дав.}} + T_{\text{оп.кінцев.}}$	$F_{\text{муф.хр.}} = \frac{T_{\text{оп.дав.}} + T_{\text{оп.кінцев.}}}{2r}$	5,36 Н ($F_{\text{муф.хр.}} < F_{\text{пр.}}$, тоді деформація пружини 6 і пружний мертвий хід муфти 5 рівні нулю)			
7. Кут закручування пружної муфти 2	$\varphi_{\text{муф.пр.}} = \frac{T_{\text{оп.дав.}}}{C_{\text{муф.пр.}}}$	6,4' (0,0019 рад)	1,03' (0,0003 рад)	1,2' (0,00037 рад)	0,2' (0,00006 рад)
8. Пружний мертвий хід при реверсивному русі	$\Delta_{\text{м.х.}} = 2\varphi_{\text{муф.пр.}}$	12,9'	2'	2,4'	0,4'

Висновок: сумарна похибка відпрацювання кута повороту в спроектованому кутомісному пристрої не буде перевищувати 4' тільки у випадку застосування пружної муфти 2 з кільцевими надрізами, а зусилля пружин 6 в шарнірно-хрестовій муфті 5 повинно бути не меншим 5,36 Н.

МОДЕЛЬ ТЯГИ МАГНИТОЛЕВИТИРУЮЩЕГО ПОЕЗДА

Поляков В.А., Хачапуридзе Н.М.

Институт транспортных систем и технологий НАН Украины (Украина)

Введение, актуальность исследования Сложность электромеханических процессов в линейных синхронных двигателях (ЛСД) магнитолевитирующих поездов (МЛП) стимулирует поиск возможностей сепаратного изучения слагающих компонентов. Порознь они успешно могут изучаться, например, теорией электрических цепей, либо электромагнитного поля. Поэтому, до настоящего времени, версии математической модели тяги (ММТ) МЛП строились исходя из указанных сепаратных парадигм её моделирования. Анализ свойств таких версий свидетельствует о наличии у каждой из них как преимуществ, так и недостатков. Изложенное делает актуальным создание ММТ МЛП, ассимилирующей достоинства имеющихся версий такой модели, но свободной от их недостатков. Синтез парадигмы, позволяющей построить такую ММТ, а также самой этой модели, является основной задачей настоящей работы.

Суть исследования. Энергопреобразование в двигателе осуществляется взаимно неподвижными полями индуктора и якоря. Поэтому тяга МЛП определима как векторная сумма результатов взаимодействия токов контуров возбуждения с полем якоря. Динамика электрического компонента каждого такого взаимодействия описуема уравнениями второго закона Кирхгофа.

Движение муфтера (подвижных частей) ЛСД относительно статора вызывает переменность многих из взаимных индуктивностей фаз якоря, как между собой, так и с контурами возбуждения. При этом не стационарны коэффициенты уравнений ММТ, ухудшается её качество. Избежать этого недостатка возможно, выбрав систему отсчёта так, чтобы обеспечить условную взаимную неподвижность обмоток двигателя. В частности, удобна жёсткая связь контура возбуждения с этой системой. Инерциальной она, в общем случае, не является. Однако, желательно, чтобы искомая модель была тензорной, а её форма – инвариантной в отношении координат, в которых она построена. Это достижимо, если в модели исследуемой динамики локальные производные заменить абсолютными. Получаемые уравнения имеют постоянные коэффициенты, тензорную форму и удобно описывают токовую динамику. После их разрешения относительно переменных, с использованием обратных координатных преобразований, определяются реальные токи в контурах двигателя.

Магнитная цепь двигателя предполагается ненасыщенной. Она может считаться условно-линейной подсистемой. К ней применим принцип аддитивности. Поэтому результирующее поле фазы якоря определимо как сумма полей, создаваемых её отдельными катушками. Выражения для компонентов индукции таких полей получены в [1]. Подстановкой у них значений токов якорных контуров, в конечном итоге, находятся значения индукции поля якоря в целом.

Результаты исследования, выводы. Создана парадигма моделирования тяги МЛП, ассимилирующая достоинства теорий цепей и поля, но свободная от их недостатков. Построена ММ этого процесса, не имеющая дефектов предыдущих версий модели. Этим исчерпывающе решена задача настоящей части исследования. В качестве примера результатов использования созданных парадигмы и модели, приведена полученная осциллограмма описываемой тяги в режиме разгона поезда. Анализ этого результата свидетельствует о работоспособности парадигмы и модели, а поэтому – об их пригодности к использованию в исследованиях динамики МЛП, оснащённых ЛСД.

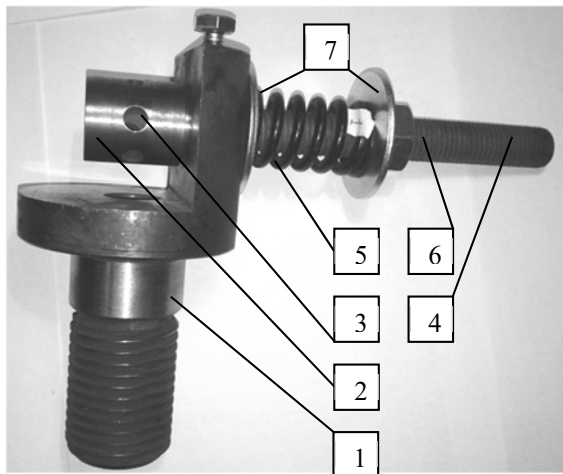
ЛИТЕРАТУРА

1. Бирюков В. А. Магнитное поле прямоугольной катушки с током / В. А. Бирюков, В. А. Данилов // Журнал технической физики – 1961. – Т. XXXI, № 4. – С. 428 - 435.

ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ ЗАТИСКНИХ ЕЛЕМЕНТІВ КАНАТНИХ МУФТ

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

З метою вивчення процесу затиску канатів затискними елементами муфт авторами було проведено ряд експериментальних досліджень. Вирішено було експериментально оцінити зусилля виривання канатів F_v із затискних елементів та поперечну деформацію каната Δd_k в залежності від осевого зусилля $F_{зам}$ зтягування пальця затискного елемента. З цією метою було розроблено спеціальні пристосування для оснащення доступної розривної машини (рис. 1). Для оснащення захватів розривної машини було виготовлено кронштейни 1, в які було встановлено втулки 2 із поперечними отворами 3 для монтажу досліджуваних канатів. В поздовжні отвори втулок було встановлено з можливістю переміщення пальці 4, які мали поперечні отвори для проходу канатів, відповідні отворами 3 втулок 2 та нарізеві ділянки для зтягування гайкою навантажувальних пружин. Пружини 5 встановлювались на пальці 4 між двома шайбами 7 і зтягувались гайками 6. При цьому різниця відстаней між шайбами 7 відповідала деформації пружини, а відтак і зусиллю зтягування пальця $F_{зам}$.



Рисунки 1. Елементи спеціального оснащення розривної машини



Рисунки 2. Дослідження зусилля закріплення каната на розривній машині УММ-5

Для зтягування канатів використовували градуйовані пружини. Досліди виконували із використанням кількох зразків шестисталкових канатів подвійної звивки. Канати встановлювались у відповідні їх діаметру поперечні отвори втулок та пальців. Дослідження зусилля виривання канатів виконували на розривній машині УММ-5 (рис. 2). Силу зтягування пальців $F_{зам}$ створювали ступінчасто деформацією пружини, яку вимірювали штангенциркулем ШЦ-I, поперечну деформацію каната Δd_k вимірювали індикатором годинникового типу ИЧ-I, а зусилля F_v визначали за показами шкали розривної машини. Досліди виконували з п'ятикратною повторюваністю, що забезпечувало довірчу вірогідність близько $\alpha = 0,9$.

Після оброблення результатів дослідів для кожного каната отримані середні значення поперечної деформації каната Δd_k та зусилля F_v для кожного значення $F_{зам}$, взаємна залежність яких проілюстрована графіками для кожного канату. На цих графіках залежність $\Delta d_k = f(F_{зам}/F_{розр})$ зображена штриховою лінією з квадратними маркерами, а залежність $F_v = f(F_{зам}/F_{розр})$ – суцільною лінією з трикутними маркерами.

Аналіз отриманих графіків дозволив вперше розкрити механізм процесу затиску каната затискним елементом типу «палець-втулка-поперечний канат» дослідженого в даній

роботі. Для ілюстрації цього механізму на рис. 3 показано експериментальні дані для каната №1 діаметром 4 мм конструкції 6×7 з нанесеними на ньому границями характерних етапів процесу затиску каната. На першому етапі, при зусиллях зтягування пальця $F_{зат} < 0,05F_{розр}$ відбувається початкове деформування каната, що супроводжується вибиранням зазорів між елементами каната, свідченням цього є найбільш інтенсивне зменшення діаметра каната при невеликому зростанні поперечного зусилля $F_{зат}$. Границю другого та третього етапів встановити складніше, але на другому етапі, орієнтовно при $F_{зат} = (0,05...0,15) F_{розр}$ відбувається деформування дротин каната в затискному елементі із наближенням їх осей до прямих, а також контактне зминання поверхні дротин, чому також відповідає полого зростання кривої зусиль та поперечної деформації. На третьому етапі ($F_{зат} > 0,15F_{розр}$) починається пружне, а після досягнення критичного значення сили зтягування пальця і пластичне деформування щільно спресованого пучка дротин, що підтверджується практично рівнопропорційною залежністю зусилля $F_в$ від сили зтягування пальця $F_{зат}$ та руйнуванням (перерізанням) дротин зовнішнього шару.

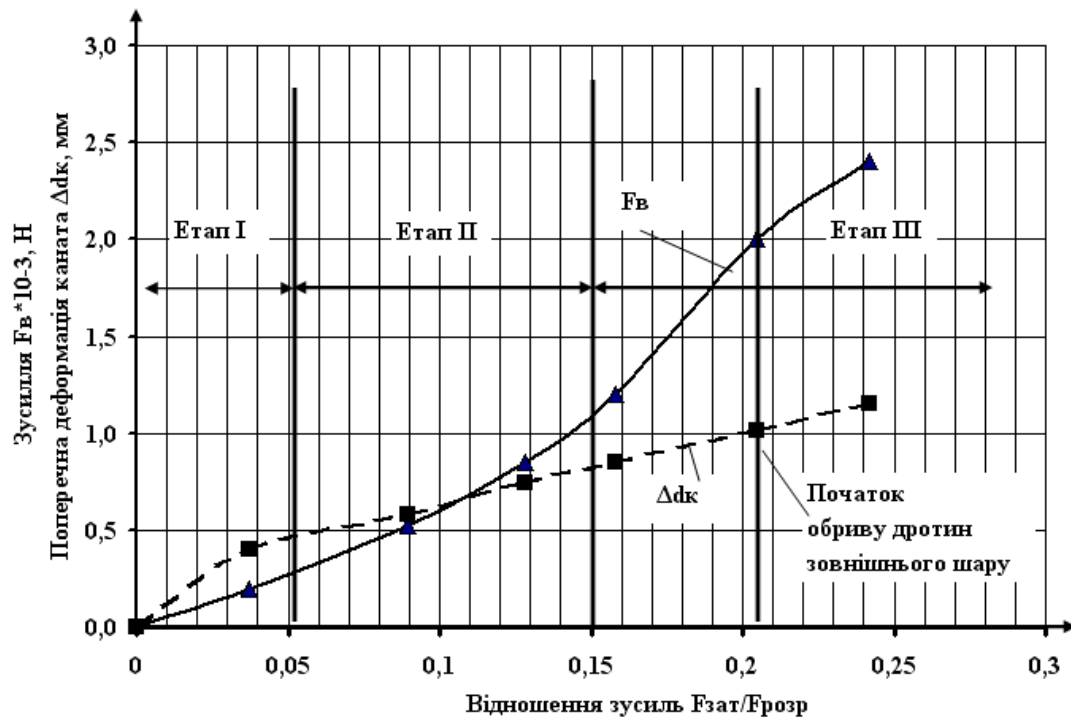


Рисунок 3. Ілюстрація етапів процесу затиску каната

Іншим практично значимим спостереженням з виконаних дослідів є те, що поперечна деформація каната може служити індикатором зусилля зтягування каната. Наприклад для каната №1 поперечну деформацію каната можна наближено обчислити за рівнянням:

$$\Delta d_k = 4,38 \frac{F_{зат}}{F_{розр}} . \quad (1)$$

Відносна деформація каната при цьому складає:

$$\Delta = \frac{\Delta d_k}{d_k} = \frac{4,38}{d_k} \times \frac{F_{зат}}{F_{розр}} . \quad (2)$$

Наприклад для каната №1 при найбільшому натягу, який відповідає запасу міцності по розриву близько $\kappa_{зан} = 4$, що відповідає реальним робочим натягам канатів в експлуатації, відносна деформація каната складає близько $\Delta = 27\%$. Отримані результати можна використовувати при складанні та налаштуванні затискних механізмів муфт та інших пристроїв.

УТОЧНЕННЯ КЛАСИФІКАЦІЇ МУФТ З МЕТАЛЕВИМИ ПРУЖНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ

Проценко В.О., Клементьєва О.Ю.

Херсонська державна морська академія (Україна)

В роботі [1] запропоновано класифікацію муфт з металевими та канатними пружними елементами за наступними ознаками: вид, форма та установка пружних елементів. Створення такої розлогої класифікації дало можливість синтезувати та запатентувати велику кількість муфт з канатними пружними елементами, що доводить цінність запропонованої класифікації. Проте ця класифікація має резерв для удосконалення.

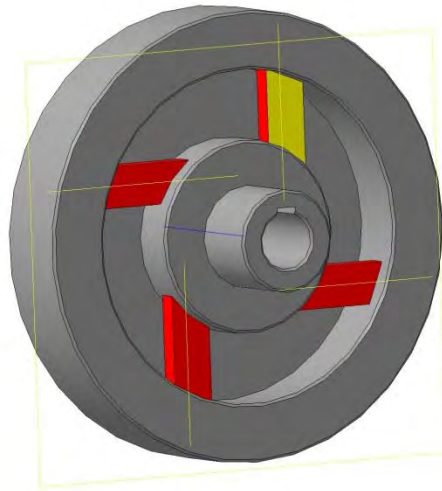


Рисунок 1. Схема торцевої установки пружних елементів у муфті

Як показала практика конструювання муфт, пружні елементи, що встановлені в торцевій площині (рис. 1) можуть бути встановлені хордально (рис. 2) та тангенціально (рис. 3).

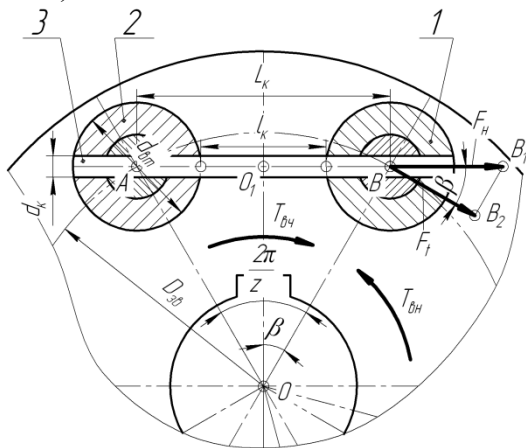


Рисунок 2. Схема муфти з торцевою установкою хордального розташування

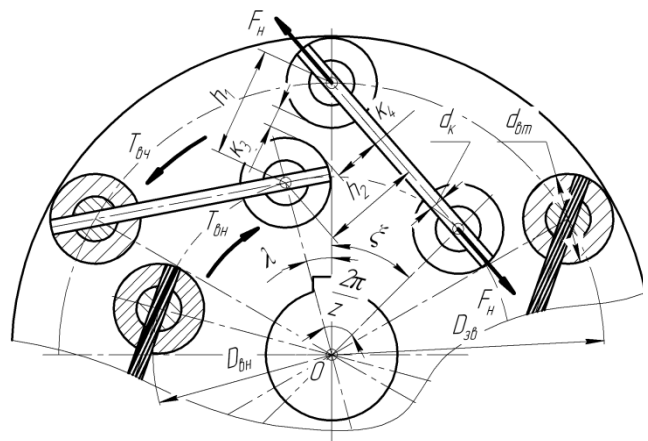


Рисунок 3. Схема муфти з торцевою установкою тангенціального розташування

Авторами встановлено, що особливості розташування канатів в торцевій площині муфт суттєво впливають на компоновочні параметри та навантажувальну здатність муфт. Для прикладу розглянули муфти з хордальним та тангенціальним розташуванням канатів. У муфти з хордальними канатами $D_{3b} = 145$ мм, $d_k = 4,0$ мм, $d_{вм} = 24$ мм. На діаметрі $D_{3b} = 145$ мм можна розташувати $z = 8$ канатів довжиною $L_k \approx 56$ мм. Приймавши допустиму силу робочого натягу канатів $F_n = 1000$ Н обчислено, що муфта при хордальному

розташуванні канатів може передавати момент $T_x = 536 \text{ Н}\cdot\text{м}$. Для муфти з тангенціально розташованими канатами при $D_{\text{вн}} = 110 \text{ мм}$ кількість та параметри канатів, а також зовнішній габарит відповідають аналогічним параметрам муфти з хордально розташованими канатами. Графіки взаємного впливу конструктивних параметрів представлені на рис. 4.

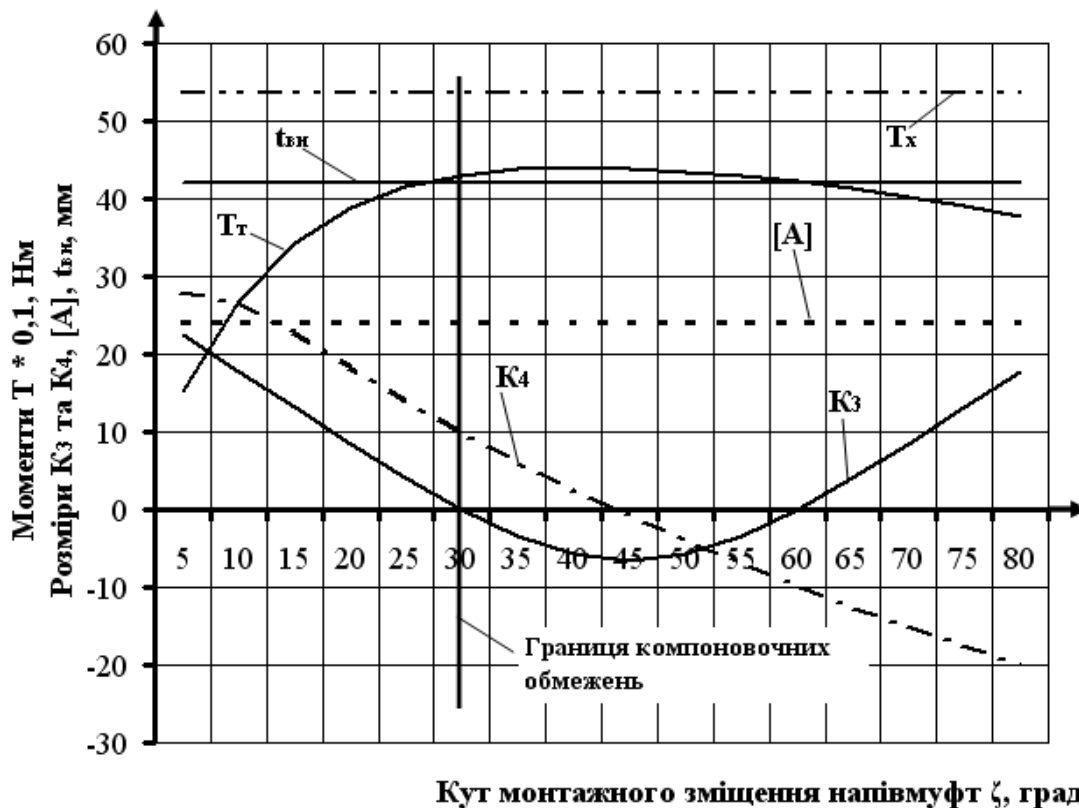


Рисунок 4. Графіки взаємного впливу конструктивних параметрів на компоновочні розміри та навантажувальну здатність муфт

Аналіз графіків представлених на рис. 4 дає можливість стверджувати, що обмеження по затягуванню гайок при такій кількості канатів відсутнє. Інтерференція суміжних втулок, а також канатів і втулок відсутня при кутах $\zeta \approx 0 \dots 27^\circ$. Лімітуючим компоновочним параметром є розрахунковий зазор k_3 , який при куті ζ менше 27° приймає значення більше нуля (цій позиції відповідає вертикальна лінія границі компоновочних обмежень на графіку). Крім цього, графік показав, що при однакових габаритах, кількості та натягу канатів, муфта з хордальним їх розташуванням має на 18% більшу навантажувальну здатність ($T_x = 536 \text{ Н}\cdot\text{м}$) порівняно з муфтою із тангенціальним розташуванням канатів ($T_m = 439 \text{ Н}\cdot\text{м}$). Аналогічні дослідження, виконані для муфт з тангенціально розташованими канатами показали, що при аналогічних габаритах, збільшення кількості канатів дозволяє підвищити навантажувальну здатність муфти при незмінних габаритах. Виконані дослідження та чисельне моделювання показали, що класифікації муфт з металевими та канатними пружними елементами доцільно розширити за рахунок включення торцевої установки хордально та тангенціально розташованих канатів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Проценко В.О. Синтез пружно-компенсуючих муфт з канатними елементами: автореферат дис. канд. техн. наук: спец. 05.02.02 – машинознавство / В.О. Проценко. - Львів, 2012. – 21 с.

ЗАСТОСУВАННЯ ГВИНТІВ ТТҮ ДЛЯ КРІПЛЕННЯ ВІДПОВІДАЛЬНИХ З'ЄДНАНЬ СУДНОВИХ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ

Савчук В.П., Білоусов Є.В., Самарін О.Є.
Херсонська державна морська академія (Україна)

Існують звіти про окремі випадки пошкодження гвинтів, що утримують корпус розпилювачів охолодження поршнів двигунів типу RTA 84С, RTA 96С, RT-flex 84С, RT-flex 96С. У першу чергу причиною розриву гвинтів, є неправильне затягування корпусу розпилювачів для охолодження поршня, яка встановлена на верхньому кінці штока поршня. Цілком можливо, що деякі болти були не дозатягнуто під час монтажу корпусу розпилювачів і, отже, інші гвинти стали перенапруженими в процесі експлуатації.

Нами запропоновано модернізувати спосіб кріплення корпусу розпилювачів за рахунок заміни штатних гвинтів на гвинти типу ТТҮ. Термін Torque-To-Yield (ТТҮ) часто використовується для опису особливого типу гвинтів, використовуваного в деяких двигунах. Цей тип гвинтів також повинен деформуватися – але контрольовано, у процесі затягування. Пропонована конструкція гвинта (сталь 20Г2Р ISO 898-1:1999) приведена на рис. 1.

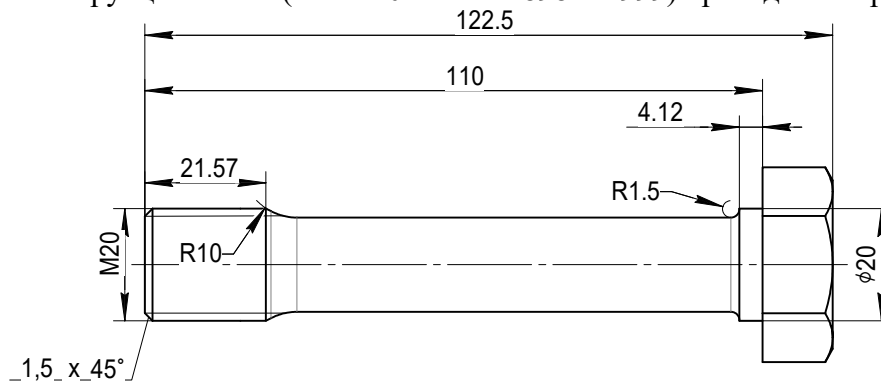


Рисунок 1. Гвинт ТТҮ М20×110.

Розрахунок осьової сили, що діє на гвинт. У болтовому з'єднанні взаємна нерухомість деталей забезпечується відповідною затяжкою болта. При загвинчуванні гайки осьова сила F_0 у стержні болта зростає, при цьому збільшується і момент T , що прикладається до гайки. Цей момент дорівнює сумі моментів сил тертя в різьбі і на торці гайки $T = T_{sp} + T_{st}$. Осьова сила, що виникає при загвинчуванні гвинта визначається за формулою:

$$F_0 = \frac{T_{sp}}{0,5 \cdot d_2 \cdot \operatorname{tg}(\psi + \rho)} = 87500 \text{ Н,}$$

де T_{sp} – момент сил тертя в різьбі (момент затягування, Н·м. Згідно рекомендації фірми Wartsila, для стандартних гвинтів М20, різьба яких покрита маслом, номінальний момент затягування становить $T_{sp} = 350$ Н·м; d_2 – середній діаметр різьби, $d_2 = 0,0184$ м; ψ – кут підйому витків різьби, $\psi = 2,47$ град; t – крок різьби, $t = 2,5$ мм; l_{cp} – довжина розвертки різьби по середньому діаметру, $l_{cp} = 0,0578$ м; ρ – зведений кут тертя в різьбі, $\rho = 9,82$ град; α – кут профілю витків різьби, $\alpha = 60$ град; f – коефіцієнт тертя ковзання, $f = 0,15$.

Сила, що виступає в якості навантаження є сила інерції корпусу розпилювачів та розпилювачів. В результаті проведеного твердотільного моделювання встановлено, що маса вказаних деталей становить 196,8 кг. З урахуванням маси кріпильних гвинтів та для спрощення розрахунків приймемо масу вказаних деталей $m_d \approx 200$ кг чи 2 кН. Тоді сила інерції буде становити: $F_n = F_j = -m_d \cdot J_{\max} = 2000 \cdot (-105) = 210$ кН, де J – максимальне від'ємне прискорення поршня, $J = -105$ м/с².

В даному випадку результуюча сила F_j рівномірно розподіляється на гвинти і являється зовнішньою осьовою силою. Для одного гвинта зовнішня осьова сила становить:

$$F_1 = \frac{F_j}{z} = \frac{210 \cdot 10^3}{8} = 26250 \text{ Н},$$

де z – кількість гвинтів у з'єднання. Згідно креслення $z = 8$ шт.

Потрібну силу попередньої затяжки кожного гвинта приймаємо за умови герметичності з'єднання: $F'_0 = 52500 \text{ Н}$.

Розрахункова сила для кожного гвинта з'єднання становить $F_{z.p.} = 79275 \text{ Н}$. Отримане значення не перевищує номінальну розраховану силу затяжки гвинта, що дорівнює $F_0 = 87500 \text{ Н}$. Таке різьбове з'єднання вважається працездатним.

Для забезпечення напруження, що відповідає границі міцності гвинта необхідно прикласти до нього силу: $F_{ТТУ} = 141,9 \text{ кН}$. Тоді сумарна сила, що розтягує гвинт, набуде значення: $F_{\Sigma} = F_{ТТУ} + F_1 = 141900 + 26250 = 168150 \text{ Н}$.

Розрахунок кута затягування гвинта ТТУ. Згідно рекомендації фірм Wartsila момент попереднього затягування становить $M'_{зат} = 20 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

Розрахунковий кут повороту гайки (або гвинта) для забезпечення заданого зусилля F_{Σ} Q_3 визначається за формулою:

$$\varphi_p^{\circ} = 360 \frac{F_{\Sigma}}{p} \sum_{i=1}^n \lambda_i = 360 \frac{168150}{0,0025} (3,26 \cdot 10^{-9} + 0,10 \cdot 10^{-9}) = 81,4 \text{ град.}$$

де i – номер деталі в з'єднанні ($i = 1, 2, \dots, n$ для болта $i = 1$); n – число деталей у з'єднанні, $n = 2$; p – крок різьби, $p = 2,5 \text{ мм}$; $\sum_{i=1}^n \lambda_i$ – сумарна піддатливість гвинта і деталей, що стягуються, $\lambda_{\sigma} = 2,36 \cdot 10^{-9} \text{ м} \cdot \text{Н}$, $\lambda_{д} = 0,10 \cdot 10^{-9} \text{ м} \cdot \text{Н}$.

Напружений стан гвинта під дією сумарної сили $F_{\Sigma} = 168150 \text{ Н}$ приведено на рис. 2.

Отримані результати свідчать що значення в стрижні гвинта: максимальних напружень становить $\sigma_{\max} = 760 \text{ МПа}$ ($[\sigma_B] = 820 \text{ МПа}$); максимальних переміщень становить $0,37 \text{ мм}$; максимальної відносної деформації $\delta = 3,1 \cdot 10^{-3}$ ($0,3 \%$) при допустимому значенні $[\delta] = 17 \cdot 10^{-2}$ (17%).

Приведені значення демонструють повну відповідність вибраної конструкції та матеріалів заданим умовам експлуатації.

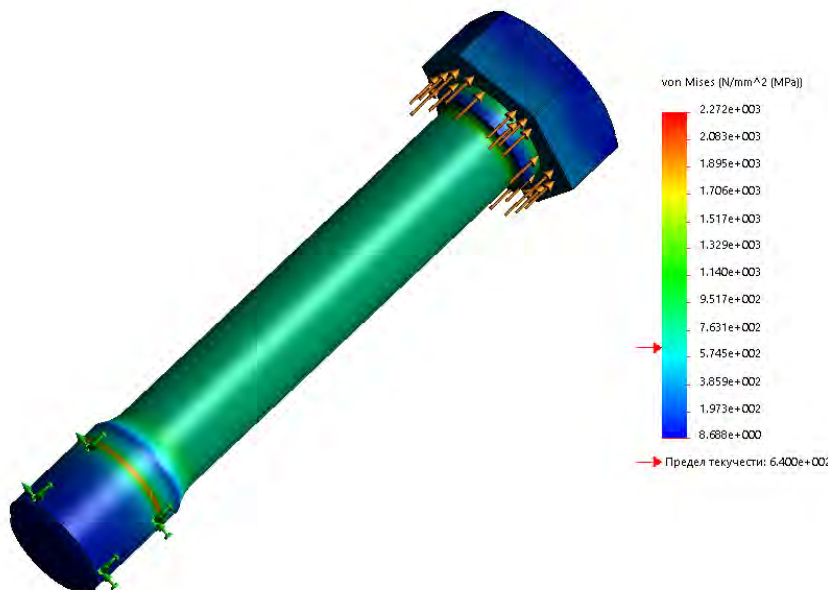


Рисунок 2. Епюра розподілу напружень гвинта ТТУ.

КОНЦЕПЦИЯ УЛУЧШЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ ВЕДУЩИХ СТОЕК

¹Скалыга Н.Н., ¹Рудинец Н.В., ¹Бодак В.И., ¹Остапчук Б.В.,

²Грицук И.В., ³Вербовский В.С.

¹*Луцкий национальный технический университет (Украина),*

²*Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет (Украина),*

³*Институт газа НАН Украины*

Обоснование целесообразности применения ведущих стоек на ДТС. Традиционные компоновочные схемы дорожно-транспортных средств (ДТС) предусматривают необходимость наличия на борту платформы соответствующих мест для размещения элементов силового блока. Это влечет за собой уменьшение общего объема рабочего пространства платформы, порою весьма существенное, который мог бы быть использован для коммерческой загрузки. Поэтому, как считают разные исследователи [1-6], разрешение вопросов, связанных с увеличением полезного коммерческого объема ДТС при неизменных его габаритах и повышение общего КПД трансмиссии является одним из актуальнейших вопросов развития транспорта на сегодняшний день, требующих стратегического решения.

Анализ последних исследований и публикаций. Широко распространенные сегодня схемы трансмиссий не позволяют использовать всю эффективную мощность ДВС для прямого привода ведущих колес. Это происходит именно из-за потерь в звеньях трансмиссии [1-3]. Эти потери нельзя не учитывать, так как они существенно влияют на линейный расход топлива. При этом, наименьшими потерями обладает трансмиссия с механической коробкой перемены передач (КПП) – до 20% для автомобилей колесной формулы 4x2 и до 30% у полноприводных автомобилей. У автомобилей с автоматической трансмиссией эти потери больше порядка на 5%, при прочих равных условиях [3].

Кроме механической, исходя из вышеуказанных целей, на некоторых видах специализированных и специальных ДТС применяются гидрообъемная и электромеханическая трансмиссии с ведущими мотор-колесами [1, 7]. Однако преимущества таких трансмиссий перед механическими проявляются лишь в узком диапазоне грузоподъемности. Кроме того, применение мотор-колес влечет за собой увеличение неподрессоренных масс, что является существенным недостатком, влияющим на плавность хода и динамичность автомобиля [8].

В современных электромобилях набирает распространения схема «мотор-ось» с передачей крутящего момента непосредственно к ведущим колесам. Так, в частности, на переднеприводных электромобилях Tesla S применяется один центральный тяговый электродвигатель с удельной мощностью 0,6 кВт/кг и общая ось. В полноприводных моделях Tesla X применяются два электродвигателя удельной мощностью 0,57 кВт/кг для привода «своих» осей [5].

Улучшить экономические и экологические показатели ДТС, устранить либо значительно уменьшить недостатки схемы «мотор-ось», по мнению авторов, можно было бы путем применения отдельных ведущих стоек. Такая схема, в общем виде, предполагает, что силовой блок с упругими элементами стойки будет размещаться в одном модуле для привода отдельных колес ведущей оси.

Ниже приводится анализ существующих силовых агрегатов, используемых в ДТС, с точки зрения целесообразности их применения в разрезе данной концепции.

Удельная мощность современных четырехтактных ПДВС лежит в пределах 0,1...1,5 кВт/кг [9-13]. В то же время, четырехтактные двигатели обладают существенными

недостатками, что является следствием именно такого характера протекания рабочего процесса. Потери мощности на привод ГРМ составляют 20-30%, при соответствующем увеличении габаритов и массы двигателя [1].

Удельная мощность современных двухтактных двигателей колеблется в диапазоне 0,19...1,95кВт/кг [9-13]. Показатели минимального эффективного расхода топлива (220...270 г/кВтчас) и токсичности отработавших газов (ОГ), сравнимы с четырехтактными [14].

Незначительное распространение на ДТС получили также роторно-поршневые двигатели (РПД) Ванкеля. Удельная мощность современных образцов РПД, используемых на ДТС, лежит в пределах 0,7...3кВт/кг [1, 10,13].

Ближайшей альтернативой ДВС для использования на ДТС по-прежнему являются паровые двигатели (ПД). Удельная мощность современных ПД автотракторного типа лежит в диапазоне 3...7,5 кВт/кг [1,13, 15].

В 80-90х годах ХХ века был разработан и реализован так называемый комбинированный шеститактный цикл для ПДВС. Особенность протекания данного цикла заключается в осуществлении классических четырех (двух) тактов и двух дополнительных, во время которых в цилиндры впрыскивается не топливо, а охладитель (обычно вода). Нагреваясь от внутренних поверхностей камеры сгорания, охладитель переходит в газообразное состояние, создавая давление, необходимое для осуществления нового рабочего хода [16]. Удельная мощность двигателей с шеститактным комбинированным циклом колеблется в пределах 0,35...1,35 кВт/кг.

Еще одним из типов тепловых двигателей, использовавшихся на автомобиле, который, по мнению авторов может быть применен в рамках данной концепции, является так называемый паровой двигатель внутреннего сгорания [17]. Сущность работы такого двигателя, заключается в изменении способа генерации пара с внешней (в котле или парогенераторе) на внутреннюю, в рабочей камере двигателя, непосредственно перед рабочим ходом. Вариант такого двигателя реализован японским изобретателем Ватанабе на базе РПД автомобиля Mazda RX-4 путем объединения циклов водородного ДВС и парового двигателя. Удельная мощность двигателя составила 3,3 кВт/кг.

Для анализа возможности реализации данной концепции улучшения экономических и экологических показателей ДТС путем применения ведущих стоек в качестве прототипа была избрана платформа автомобилей Audi Quattro со следующими усредненными техническими характеристиками: мощность двигателя 147,1кВт/6300мин⁻¹; максимальный крутящий момент 285 Нм/3500 мин⁻¹; максимальная скорость 222 км/час; разгон от 0 до 100км/час – 6,7с. При этом средняя масса двигателей такого типа составляет 210 кг, а коробки передач и раздаточной коробки – 50 кг [18]. То есть, для обеспечения необходимых тягово-скоростных характеристик платформы к каждому колесу, в идеале, нужно подвести 25,7 кВт, с учетом возможных потерь в элементах трансмиссии.

С учетом массы двигателя и основных агрегатов трансмиссии, приведенная удельная мощность, приходящаяся на каждое ведущее колесо, составит около 0,4 кВт/кг.

Цель исследований.

Целью исследований на данном этапе является обоснование возможности реализации концепции создания платформы с ведущими стойками на базе модуля «двигатель + упругие элементы + механизм сцепления + передача на колесо» для улучшения экономических и экологических показателей ДТС.

Выводы.

Анализ результатов исследований позволяет сделать предварительный вывод о целесообразности и возможности улучшения экономических и экологических характеристик ДТС путем создания платформы с ведущими стойками на базе существующих типов двигателей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мацкерле Ю. Современный экономичный автомобиль. Перевод с чешского В.Б. Иванова Под редакцией канд. техн. Наук А.Р. Бенедиктова. М., Машиностроение, 1987.
2. Автомобили. Конструкция, конструирование и расчет. Трансмиссия: [Учеб. пособие для спец. «Автомобили и тракторы»]/А. И. Гришкевич, В. А. Вавуло, А.В. Карпов и др.]; Под ред. А. И. Гришкевича. – Мн.: Выш. шк., 1985 – 240 с., ил.
3. Гришкевич А. И. Автомобили: Теория: Учебник для ВУЗов.: – Минск: Выш. шк., 1986. – 208 с.: ил.
4. Электромобиль: техника и экономика // В. А. Щетина, Ю. Я. Морговский, Б. И. Ценер, В. А. Богомазов, Ленинград, 1987г., Машиностроение.
5. Tesla Model S – Best Car Ever! Frank van Gillauwe, Kim Rogers ISBN: 978-0-9860689-0-4.
6. Рытвинский И.Я. Автомобиль за 100 лет. – М. Высш. шк., 1991.
Карьерный автотранспорт. Авт.: Мариев П. Л., Кулешов А. А., Егоров А. Н., Зырянов И.В., СПб, «Наука», 2004 г.
7. Селифонов В.В., Хусаинов А.Ш., Ломакин В.В. Теория автомобиля: Учебное пособие. – М.: МГТУ «МАМИ», 2007. – 102 с.
8. Шифрин Д.М. Тепловые двигатели. Часть первая. Поршневые двигатели. Учебное пособие для техникумов. М., Машгиз, 1962 312 ст. с илл.
9. Автомобільні двигуни: підручник / [Ф. І. Абрамчук, Ю. Ф. Гутаревич, К. Є. Долганов, І.І. Тимченко] – К.: Арістей, 2008. – 475 с.
10. Алексеев В.П., Воронин В.Ф. и др. Двигатели внутреннего сгорания: Устройство и работа поршневых и комбинированных двигателей. Под ред. А.С.Орлина, М.Г.Круглова. – М.:Машиностроение, 1990. – 288 с.; ил.
11. Расчет автомобильных и тракторных двигателей: учебное пособие для вузов / А.И.Колчин, В.П.Демидов – 3-е изд. перераб. и доп. – М.:Высш. шк., 2003. – 496 с.: ил.
12. Райков И.Я., Рытвинский Г.Н. Конструкция автомобильных и тракторных двигателей. – М.: Высш. шк., 1986. – 352с., ил.
13. Технология E-TEC Evinrude. BOAT PORTAL.//www.lodka.com.ua
14. Ривкин, Соломон Лазаревич и Александров, Алексей Александрович. Термодинамические свойства воды и водяного пара. М., “Энергия”, 1975
15. Лефёров А.А., Куприянов Н.Д. Актуальность проблемы совершенствования цикла ДВС применением непосредственного впрыска воды. //Электронный журнал «Труды МАИ». Выпуск №39. <http://www.mai.ru/science/trudy/>
16. Скалыга Н.Н. Паровые двигатели внутренней генерации // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля – 2005 – №6 (88). – Луганськ: Вид-во СхУНУ. –с.195-199.
17. www.audi-quattro.ru/

РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДИК И АППАРАТНЫХ СРЕДСТВ АКУСТИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ

¹Шарко А.В., ²Погребняк И.Ф.

¹Херсонская государственная морская академия (Украина)

²Херсонский национальный технический университет (Украина)

Одним из резервов повышения эффективности морских судов является совершенствование методов контроля, организации технического обслуживания и ремонта судовых технических средств по фактическому состоянию на базе технического диагностирования и прогнозирования его изменений.

Среди многочисленных способов технического диагностирования элементов СЭУ особое место отводится акустической диагностике в дефектоскопической информации. Важнейшим преимуществом акустической диагностики является возможность обнаружения развивающихся дефектов на очень ранней стадии и прогнозирование их развития до возникновения аварийной ситуации.

На точность определения механических свойств металлов оказывает влияние не только величина эффекта изменения механических свойств, вызванного технологическими процессами воздействия на материал, но и погрешность акустических измерений, а также площадь акустического контакта.

Главный недостаток использования датчиков с большой площадью акустического контакта состоит в следующем. Размеры изделий могут колебаться в пределах допусков и поэтому для разных изделий участок зоны контакта, в котором наиболее эффективно образуется поверхностная волна, может находиться в разных точках изделий. Вследствие этого путь, проходимый акустическим импульсом по поверхности изделия, также может изменяться в пределах размера зоны контакта.

Для устранения этой нестабильности сконструирован датчик с уменьшенной зоной акустического контакта. Схематическое устройство датчика и схема контроля изображены на рис. 1. Преобразователь имеет волновод в виде равнобедренной пирамиды, угол при вершине которой удовлетворяет условию $\alpha < \pi - 2\alpha_{кр2}$ ($2\alpha_{кр2}$ – второй критический угол и для раздела материала волновода и изделия).

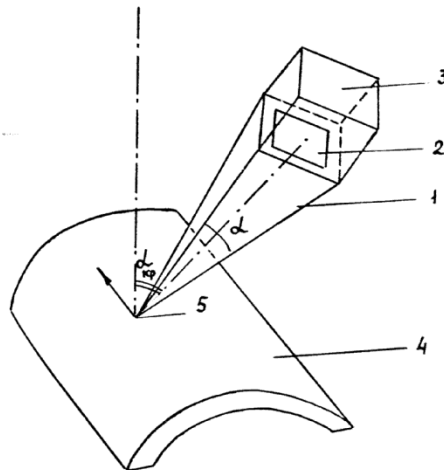


Рисунок 1. Конструкция пьезопреобразователя с малой зоной контактной поверхности

В предлагаемой конструкции акустического датчика пьезоэлемент установлен перпендикулярно высоте волновода. Выполнение волновода в виде пирамиды позволяет получить новое техническое свойство, заключающееся в локализации ввода ультразвука и приводящее к повышению достоверности контроля.

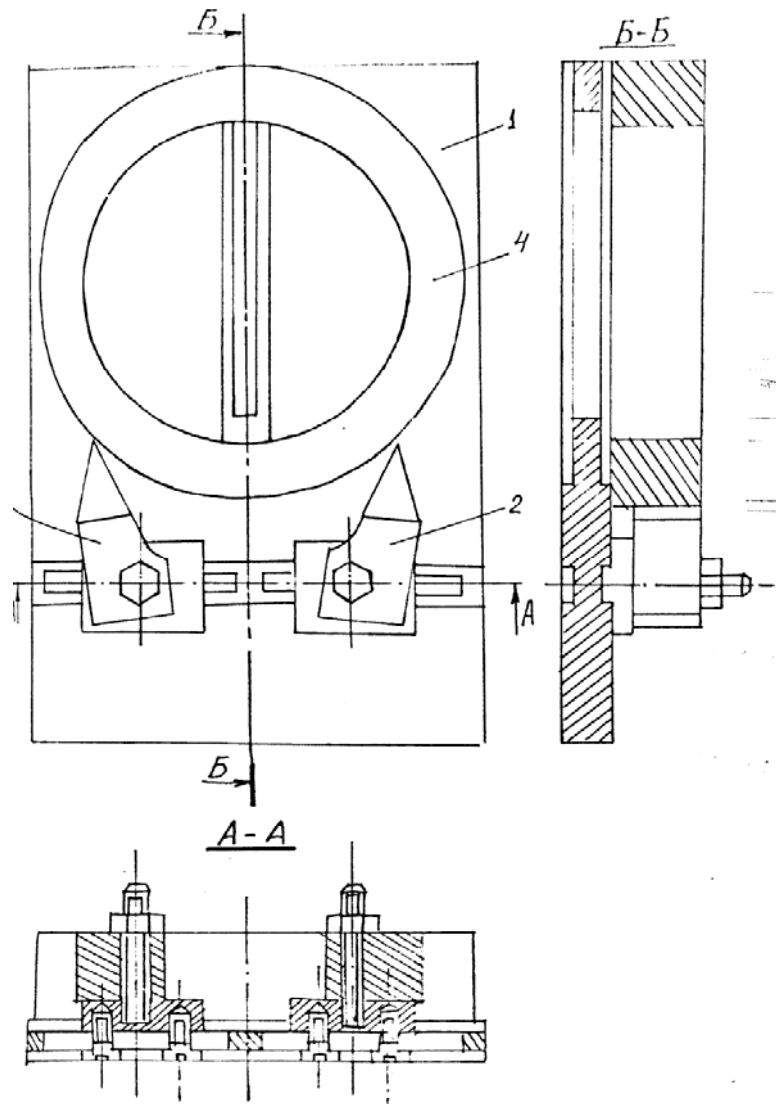


Рисунок 2. Блок-схема расположения акустических датчиков при контроле

Акустический датчик состоит из волновода 1, выполненного в виде равнобедренной пирамиды, пьезоэлемента 2, демпфера 3. Вершина угла волновода 1 прижата к поверхности изделия 4. На вершину волновода наносится контактная жидкость, образующая прослойку 5. Угол между высотой волновода 2, совпадающей с осью ультразвукового пучка, и нормалью к поверхности изделия равен второму критическому углу $\alpha_{кр2}$ для границы раздела материала волновода 1 и изделия 4. Стрелкой обозначено направление излучаемой волны.

Пример использования предложенных конструкций датчиков для контроля колец подшипников представлен на рис. 3. На стальной плите 1 укреплены столики 2, 3, 4. На столики 3 и 4 приклеены пьезодатчики 5 и 6. Кольцо 7 лежит на рабочих поверхностях датчиков и столике 4, который снабжен двумя упорами для фиксации кольца. Столики 2,3,4 могут перемещаться в пазах, что обеспечивает возможность контроля разного диаметра.

При этом обеспечивается более точное положение зоны акустического контакта и ее меньшая протяженность. Проведенные исследования могут служить основой разработки аппаратных средств регистрации акустических сигналов при технической диагностике элементов СЭУ.



ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗОК НА ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЙ ТОРМОЗ ПОДВОДНОГО ЯКОРЕМЁТНОГО УСТРОЙСТВА

Алексенко В.Л., Сметанкин С.А., Юренин К.Ю.
Херсонская государственная морская академия (Украина)

Введение. Общеизвестно использование специального пиротехнического инструмента для забивки в бетон, кирпичную кладку, сталь и другие твёрдые массивы элементов различных анкеров. Источником энергии для этого служат патроны, снабженные пороховым зарядом. Лишь относительно узкий круг специалистов знаком с аналогичной технологией постановки стационарных якорных устройств [1]. Последнее связано с двойным назначением данной технологии, что ограничивало существующие источники информации грифом ДСП [1, 2]. Начало использования артсистем для забивания якорей в грунт приходится на 60-е годы прошлого века и история вопроса отражена в патентной литературе США, СССР, РФ и Украины (НКИ, ныне НУК.). Особенностью данной технологии является необходимость приближения устройства к грунту для отстрела якоря с расстояния порядка 2-х метров, т.е. *якоремётное устройство* является подводным (ЯМПУ). Такие ЯМПУ обеспечивают относительно быструю постановку рейдового оборудования, судов или иных объектов на якорь, обладающий повышенной держащей силой.

Актуальность исследований. Быстрая и надёжная постановка рейдового оборудования, в том числе в аварийных ситуациях, когда, например, необходимо предотвратить дрейф терпящих бедствие судов, а также якорей, предназначенных для раскрепления доков, мидиевых плантаций, садков для искусственного выращивания ценных пород рыб и др. могут быть обеспечены внедрением технологий ЯМПУ. Поэтому исследования и разработки в этом направлении должны быть продолжены.

Постановка задачи. Рассматриваются ЯМПУ для двух способов постановки якоря (рис. 1), включающие следующие основные элементы: 1 – ствол с камерой сгорания, пороховым зарядом, средством воспламенения и толкателем; 2 - якорь с прикреплённым ходовым концом бриделя 4; 3 – кассета для укладки бриделя; 5 – гидротормоз, а также систему управления с пусковым штырем. Для демпфирования движения ЯМПУ при отдаче используются гидродинамические тормоза (ГДТ). При опускании ЯМПУ к грунту краном (рис. 1, а) применяется ГДТ в виде конического раструба направленного в сторону отдачи. Автономное ЯМПУ (рис, 1, б) под действием небольшой неуравновешенной части сил веса

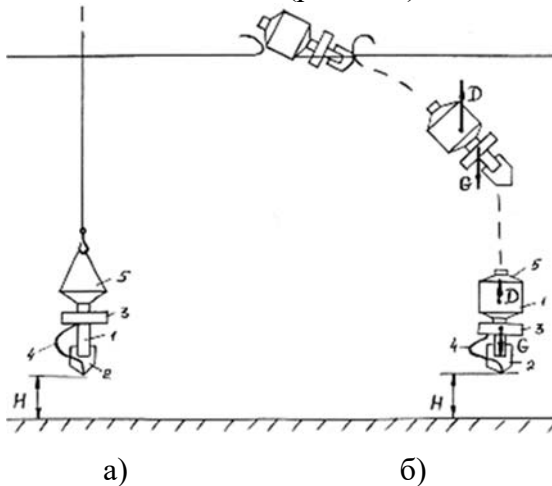


Рисунок 1. Якоремётное устройство (ЯМПУ)

медленно погружается до момента контакта запускающего устройства с грунтом. Цилиндрический отсек плавучести, которым снабжен этот тип ЯМПУ, имеет в лобовой части пологую коническую переборку (днище), которая воспринимает практически весь импульс гидродинамического давления отдачи и выполняет функцию ГДТ. В обоих случаях гидротормоза представляют пологие конические оболочки, подкреплённые рёбрами жёсткости радиально расположенными относительно оси симметрии. Следовательно, в процессе проектирования ГДТ возникает задача расчёта прочности оребрённой полой конической оболочки. Расчёт прочности осуществляется в три этапа: 1 – определение внешних сил

(расчётных нагрузок); 2 – определение внутренних сил – механических напряжений; 3 – оценка степени опасности напряженного состояния конструкции по принятым в данной

области техники нормам прочности. В данной публикации ограничимся представлением результатов исследований по определению нагрузок на гидродинамический тормоз ЯМПУ.

Результаты исследований. Рассматривалось движение ЯМПУ на активном участке траектории, когда усилие отдачи $F(t)$ находится в динамическом равновесии с силами инерции и сопротивления среды. Обозначив перемещение вдоль продольной оси X , совпадающей с $F(t)$ через u и пренебрегая силой веса, получим уравнение движения

$$(M + \lambda)\ddot{u} = F(t) - F_c(t), \quad (1)$$

где M – масса ЯМПУ; λ – присоединённая масса среды; ρ – плотность среды; C_x и Ω – коэффициент сопротивления и площадь соответствующего характерного сечения;

$$F_c(t) = C_x \frac{\rho \dot{u}^2}{2} \Omega \quad (2)$$

$F_c(t)$ – позиционная сила сопротивления;

Пренебрегая скоростью и ускорением ЯМПУ на исходной позиции, принимаем начальные условия $u(0) = 0$, $\dot{u}(0) = 0$ (3). Поскольку (1) не интегрируется в квадратурах, были выполнены оценки верхнего предела скорости \dot{u} для характерных значений гидромеханических параметров и импульсов усилий отдачи $I = \int_0^{t_0} F(t) dt$ опытных образцов ЯМПУ показавшие, что силы сопротивления (2) на активном участке траектории на два порядка меньше движущих сил F . Это позволяет при изучении движения на активном участке траектории пренебрегать силами сопротивления (2), т.е. взамен (1) рассматривать уравнение с разделяющимися переменными

$$\dot{u} = F(t)/(M + \lambda). \quad (4)$$

Его интегрирование для движущих сил, меняющихся по полуволне синусоиды с импульсом и максимумом, взятым с осциллограмм, записанных при натуральных экспериментах приводит к приближенной формуле

$$F_T = (M_T + \lambda)/(M + \lambda)F, \quad (5)$$

где F_T – преимущественно инерционные силы, действующие на ГДТ.

Степень динамичности инерционных усилий по отношению к элементам конструкции ГДТ с учётом нарастания нагрузки по закону близкому к линейному может быть оценена по формуле [3]

$$k_d = I + T/(\pi T_1). \quad (6)$$

Здесь T – период собственных колебаний первого тона, $T_1 = 0,01 \dots 0,1$ с. – время нарастания нагрузки. Для массово-жесткостных параметров опытных образцов ГДТ найдено $k_d = 1,02 \dots 1,2$.

Выводы:

- нагружение конструкций ГДТ носит квазистатический характер с коэффициентом динамичности, определяемым по формуле (6) и близким к единице;
- расчётную нагрузку составляют инерционные силы, определяемые формулой (5) и распределённые равномерно по диску ГДТ;
- присоединённые массы, входящие в выражение (5) относительно точно находятся по методике [2] или могут быть взяты как доля от водоизмещения конструкции по прототипу.

ЛИТЕРАТУРА

1. "Судостроение за рубежом", № 3, 1980, с. 36 – 44.
2. Определение гидродинамических сил и кинематических характеристик неустановившегося движения элементов якорно-швартовного устройства добывающих судов и аппаратов: Техн. отчёт НИР по договору 4.1.Пр.775 / Николаевский кораблестроительный институт, Николаев, 1985.
- 3 Учебный справочник по прочности судов внутреннего плавания [Текст] / В.В. Давыдов, Н.В. Маттес, И.Н. Сиверцев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Речной транспорт, 1958. – 755 с.

СИЛОВІ ПАРАМЕТРИ ВІДРІЗНОГО РІЗЦЯ З БІЧНОЮ УСТАНОВКОЮ БАГАТОГРАННОЇ ПЛАСТИНИ

¹Бабій М.В., ¹Настасенко В.О., ²Тулученко Г.Я.

¹Херсонська державна морська академія (Україна)

²Херсонський національний технічний університет (Україна)

В сучасному машинобудуванні до найпрогресивніших відносяться металорізальні інструменти, оснащені багатограними непереточуваними пластинами (БНП) з механічним кріпленням до корпусу, що забезпечує можливість їх повороту і швидкої заміни без зняття інструменту з верстата. Серед відрізних різців найбільш доцільним є застосування збірного відрізного різця з бічною установкою багатогранної непереточної пластины (БНП). Перевагою даної конструкції є максимальна простота при високій надійності і міцності кріплення БНП та достатній жорсткості різця.

З метою визначення раціональних геометричних параметрів даного інструменту виконували експериментальні дослідження процесу різання на токарно-гвинторізному верстаті моделі 1К62. Сили різання визначали за допомогою електричного універсального динамометру УДМ-600 з комплектом підсилювальної та показувальної апаратури. Експериментально виміри складових сил різання здійснювали по двох осях координат: P_z – по вертикалі; P_y – перпендикулярно осі оброблюваної заготовки. При експериментальних дослідженнях використовували заготовки циліндричної форми. Зовнішній діаметр заготовок складав $D = 20$ мм. Матеріал оброблюваних заготовок – Сталь 45.



Рисунок 1. Відрізний різець з бічною установкою БНП

За експериментальними даними виводили рівняння вертикальної (головної) P_z і радіальної P_y складових сил різання для кожного фіксованого значення переднього кута γ .

Оскільки вимірювання складових сил різання виконувалися для двох значень подачі S (мм/об), то поверхня відгуку відновлена як лінійчата.

Як відомо, лінійчата поверхня має рівняння:

$$P(S; V) = f(0; V) \cdot (1 - w) + f(1; V) \cdot w, \quad (1)$$

де w – нормалізована змінна ($0 \leq w \leq 1$), яка відповідає змінній S , з якою зв'язана формулою:

$$w = \frac{S - S_1}{S_k - S_1}, \quad (2)$$

де S_1 – перше, а S_k – останнє експериментальне значення подачі S .

Формула (2) переводить відрізок $[S_1 S_k]$ в одиничний відрізок $[0; 1]$.

Функціональні залежності $f(0; V)$ і $f(1; V)$ при фіксованих значеннях подачі S отримували за методом найменших квадратів (МНК), встановлюючи невідомі значення коефіцієнтів a і b у формулах:

$$\begin{aligned} f(0; V) &= a_0 V^{b_0}; \\ f(1; V) &= a_1 V^{b_1}. \end{aligned} \quad (3)$$

Для реалізації МНК використовували СКМ Maple 15, а саме команду *NonlinearFit* із пакету *Statistics*, яка виконує нелінійну апроксимацію експериментальних даних. Застосовуючи її до експериментальних залежностей $(V_i; P_i)$ для всіх випадків фіксованих значень переднього кута γ і подачі S , отримали аналітичні залежності виду (3), які подані в табл. 1.

Таблиця 1. Аналітичні залежності $f(0; V)$ і $f(1; V)$

γ , град	P_z		P_y	
	$f(0; V)$	$f(1; V)$	$f(0; V)$	$f(1; V)$
-5	$386,094 \cdot V^{0,476}$	$358,601 \cdot V^{0,493}$	$141,908 \cdot V^{0,503}$	$127,914 \cdot V^{0,536}$
-6	$260,391 \cdot V^{0,575}$	$985,635 \cdot V^{0,195}$	$87,988 \cdot V^{0,628}$	$299,075 \cdot V^{0,248}$
-8	$1139,795 \cdot V^{0,221}$	$1579,327 \cdot V^{0,174}$	$429,294 \cdot V^{0,246}$	$768,142 \cdot V^{0,138}$

Обчислювали за формулою (2) значення виразів w та $(1-w)$ для кожного фіксованого значення переднього кута γ . Результати обчислень зводили у табл. 2.

Таблиця 2. Вирази нормалізованої змінної w та $(1-w)$

γ , град	w	$(1-w)$
-5	$20,000S - 1,400$	$2,400 - 20,000S$
-6	$43,478S - 3,217$	$4,217 - 43,478S$
-8	$43,478S - 3,217$	$4,217 - 43,478S$

Підставляючи знайдені вирази із табл. 1 і 2 у формулу (1), отримали апроксимуючі рівняння для вертикальної (головної) P_z (табл. 3) і радіальної P_y складових сил різання (табл. 4).

Таблиця 3. Апроксимуюче рівняння вертикальної складової сили різання P_z

γ , град	Рівняння	Максимальна відносна похибка, %
-5	$(386,094 \cdot V^{0,476})(2,400 - 20,000S) + (358,601 \cdot V^{0,493})(20,000S - 1,400)$	3,4
-6	$(260,391 \cdot V^{0,575})(4,217 - 43,478S) + (985,635 \cdot V^{0,195})(43,478S - 3,217)$	6,5
-8	$(1139,795 \cdot V^{0,221})(4,217 - 43,478S) + (1579,327 \cdot V^{0,174})(43,478S - 3,217)$	5,8

Таблиця 4. Апроксимуюче рівняння радіальної складової сили різання P_y

γ , град	Рівняння	Максимальна відносна похибка, %
-5	$(141,908 \cdot V^{0,503})(2,400 - 20,000S) + (127,914 \cdot V^{0,536})(20,000S - 1,400)$	3,9
-6	$(87,988 \cdot V^{0,628})(4,217 - 43,478S) + (299,075 \cdot V^{0,248})(43,478S - 3,217)$	8,2
-8	$(429,294 \cdot V^{0,246})(4,217 - 43,478S) + (768,142 \cdot V^{0,138})(43,478S - 3,217)$	6,5

У результаті виконання досліджень та опрацювання експериментальних даних уперше отримано апроксимуючі рівняння, що адекватно описують силові параметри (P_z і P_y) процесу різання пропонованими різцями. Встановлено, що недоцільно виконувати від'ємні передні кути $\gamma > -6^\circ$, оскільки це призводить до значного збільшення сил різання, а задні кути $\alpha < 6^\circ$, бо це призводить до затирання по задній поверхні.

МОЩНОСТИ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Вороненко С.В., Ищенко И.М.

Херсонская государственная морская академия (Украина)

Введение. Повышение экономичности и надежности судовых электро-энергетических систем является приоритетной задачей современного судостроения. Одним из направлений решения данной проблемы является широкое применение современных полупроводниковых преобразователей электроэнергии в системах частотно управляемого электропривода, в валогенераторных установках, утилизационных турбогенераторах и т.п.

Актуальность исследований. Основными элементами и агрегатами в указанных системах являются первичные источники электроэнергии (генераторы дизель- или турбогенераторов), полупроводниковые преобразователи, их системы управления, регулирования и защиты. Одной из сложных задач при разработке и исследовании указанных систем является согласование параметров и характеристик первичных источников электроэнергии и полупроводниковых преобразователей. В связи с этим проведем анализ и определим составляющие мощностей и параметров преобразователей.

Основной особенностью работы источников переменного тока на полупроводниковые преобразователи (выпрямители, инверторы и т.п.) является непрерывные повторяющиеся несимметричные переходные процессы, вследствие которых источники переменного тока находятся в некотором квазиустановившемся режиме.

Непрерывно повторяющиеся короткие замыкания фаз во время коммутации чередуются несимметричной нагрузкой в межкоммутационном интервале. При этом величина напряжения на зажимах источника (генератора) не остается неизменной. В связи с этим увеличивается расчетная электромагнитная мощность источника, которая может быть представлена суммой четырех составляющих:

$$S_3 = \sqrt{P_3^2 + Q_3^2 + T_3^2 + H_3^2};$$

здесь

$$P_3 = \frac{U_{AB}}{\sqrt{3}} \sum_{s=A,B,C} I_{sl} \cos \varphi_{sl}$$

– активная мощность трехфазной нагрузки;

$$Q_3 = \frac{U_{AB}}{\sqrt{3}} \sum_{s=A,B,C} I_{sl} \sin \varphi_{sl}$$

– реактивная мощность;

$$T_3 = U_{AB} \sqrt{\sum_{s=A,B,C} \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq l}}^{\infty} I_{sk}^2}$$

– мощность искажения трехфазной нагрузки;

$$H_3 = \frac{U_{AB}}{\sqrt{3}} \sqrt{2 \sum_{s=A,B,C} I_{sl}^2 - \sum_{\substack{p,q=A,B,C \\ p \neq q}} I_{pl} I_{ql} \cos(\varphi_{pl} - \varphi_{ql})}$$

– мощность несимметрии трехфазной нагрузки.

Угол φ_{sl} в выражениях активной и реактивной мощностей представляет собой сдвиг фаз между линейным током и фазным напряжением эквивалентного симметричного источника, соединенного в звезду.

Мощность искажения в свою очередь определяется суммой низкочастотной и высокочастотной составляющих:

$$T_{3H} = U_{AB} \sqrt{\sum_{s=A,B,C} \sum_{k=1}^{l-1} I_{sk}^2}$$

$$T_{3B} = U_{AB} \sqrt{\sum_{s=A,B} \sum_{k=l+1}^{\infty} I_{sk}^2}$$

Рассмотрим каждую из составляющих полной мощности в отдельности.

Активная мощность P определяет количество электрической энергии, необратимо образующейся за секунду в теплоту или другие формы энергии, и в общем случае включает в себя полезную мощность и мощность потерь. Под активной мощностью преобразователя понимают его активную мощность на выходе сети переменного тока, которая в выпрямительном режиме равна мощности постоянного тока плюс потери, а в инверторном режиме равна мощности постоянного тока минус потери в установке.

Для одной фазы эта мощность определяется выражением

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T u_{AO} i_A dt$$

которое при синусоидальном питающем напряжении приводится к виду

$$P = U_{AO} I_{Al} \cos \varphi_{Al},$$

где I_{Al} – действующее значение основной гармоники тока сети, а φ_{Al} – фазовый угол этой гармоники.

Для трехфазной цепи при симметричной нагрузке активная мощность определяется следующим выражением

$$P_3 = \sqrt{3} U_{AB} I_{Al} \cos \varphi_{Al}.$$

Активная мощность, потребляемая сложной системой равна сумме активных мощностей отдельных элементов системы.

Реактивная мощность Q обусловлена определенными свойствами электрической цепи, вызывающими сдвиг по фазе кривых токов и напряжений. В полупроводниковых преобразователях при синусоидальных напряжениях источника эта составляющая полной мощности обусловлена смещением гармоники тока относительно напряжения при увеличении угла управления элементами преобразователя. Для одной фазы реактивная мощность определяется интегральным выражением при частоте приведения, равной частоте источника ω_l :

$$Q = -\frac{1}{\omega_l T} \int_0^T i \frac{du}{dt} dt,$$

которое при синусоидальном питающем напряжении приводится к виду

$$Q = U_{AO} I_{Al} \sin \varphi_{Al}.$$

Для трехфазной цепи при симметричной нагрузке фаз реактивная мощность определяется выражением:

$$Q_3 = \sqrt{3} U_{AB} I_{Al} \sin \varphi_{Al}.$$

Мощность искажения T – это составляющая полной мощности, обусловленная наличием в кривой тока высших и низших гармоник, отсутствующих в кривой напряжения сети. В преобразователях она создается токами высших и низших гармоник, вызванными вентильным действием силовых элементов преобразователей.

Мощность искажения всей системы нельзя определять алгебраическим суммированием мощностей искажения отдельных элементов, поскольку она обусловлена протеканием токов различных частот.

Мощность несимметрии H – это составляющая полной мощности, которая возникает только в многофазной цепи и обусловлена несимметрией нагрузки фаз.

При симметричной нагрузке фаз мощность несимметрии равна нулю, и полная мощность равна сумме трех составляющих: активной, реактивной и искажения:

$$S_3 = \sqrt{P_3^2 + Q_3^2 + T_3^2} .$$

Расчетные значения мощностей преобразователей позволяют определить их энергетические коэффициенты: коэффициент мощности, коэффициент сдвига, коэффициент искажения и коэффициент несимметрии.

Коэффициент мощности определяет степень использования забираемой из сети полной мощности и может быть выражен через другие энергетические коэффициенты $k_{мз} = k_{сз}k_{из}k_{нз}$.

Коэффициент сдвига k_c характеризует соотношение между активной и реактивной мощностями. Для трехфазных преобразователей определяется равенством

$$k_{сз} = \sqrt{\frac{P_3^2}{P_3^2 + Q_3^2}}$$

В симметричных трехфазных преобразователях этот коэффициент равен косинусу угла сдвига основной гармоники тока относительно синусоидального питающего напряжения.

Коэффициент искажения трехфазного преобразователя определяется равенством

$$k_{из} = \frac{\sqrt{P_3^2 + Q_3^2}}{\sqrt{P_3^2 + Q_3^2 + T_3^2}}$$

Коэффициент несимметрии трехфазного преобразователя характеризует степень несимметрии нагрузки фаз и определяется из равенства

$$k_{нз} = \sqrt{\frac{P_3^2 + Q_3^2 + T_3^2}{S_3^2}}$$

Полученные энергетические соотношения и коэффициенты позволяют определить мощности и параметры источники питания преобразователей, их основные параметры и характеристики.

Вывод. Полученные значения составляющих мощностей преобразователей и их энергетических коэффициентов позволяют определить требуемые мощности первичных источников и основные показатели систем: первичный источник электроэнергии – полупроводниковый преобразователь.

ЛИТЕРАТУРА

1. Григорьев А.В., Петухов В.А. Современные и перспективные судовые валогенераторные установки. – Изд-во ГМА им. адм. С.О. Макарова, 2009. – 176 с.
2. Хайкин А.Б., Васильев В.Н. и др. Автоматизированные гребные электрические установки. – М.: Транспорт, 1986. – 424 с.
3. Булгаков А.А. Частотное управление асинхронными двигателями. Изд-во «Наука», 1966. – 297 с.
4. Маевский О.А. Энергетические показатели вентильных преобразователей. – М.: Энергия, 1978. – 320 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОЦЕДУРЫ ОРТОГОНАЛИЗАЦИИ ВЕКТОРОВ ПРИ РАСЧЕТЕ РОТОРОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК МЕТОДОМ НАЧАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ

Герасименко П.В.

Петербургский Государственный Университет Путей Сообщения (Россия)

В различных областях техники в качестве строительных элементов используются составные роторы, для которых характерны уступы на валу, шнеки, крыльчатки и другие элементы, а также податливость опор. Одним из широко применяемых методов для определения напряженно-деформированного состояния и устойчивости таких роторов является метод прогонки [1]. Обычно при расчете роторов полагают, что ротор и его опоры обладают осевой симметрией, а инерция поворота дисков учитывается совместно с гироскопическим фактором путем введения фиктивных массовых моментов инерции прямой прецессии. Эти допущения позволяют расчет проводить методом прогонки, для чего составной ротор разбивают на ряд участков [1]. Границами участков являются: места расположения дисков, опор, шарниров и места ступенчатого изменения сечения вала. Очередность участков зависит от конструктивного выполнения ротора.

Построению вычислительного алгоритма решения задач предшествует составление уравнений перехода от первого участка последовательно к конечному. Возникающая при этом система уравнений целесообразней представлять в матричной форме. Для ее решения обычно применяется метод прогонки векторов частных решений. Реализация алгоритма метода прогонки в ряде случаев, в частности для длинных и сложных с большим числом элементов, связана с серьезными затруднениями, вызванными с численной неустойчивостью вычислительного процесса.

Поскольку система матричных уравнений рассматриваемых задач для сложных составных роторов является слабо обусловленной, то происходит накопление вычислительных погрешностей. Из-за вычислительных погрешностей не удается с достаточной точностью вычислить коэффициенты при частных решениях, а следовательно, и вектор решения как сумму произведений коэффициентов и частных решений [2]. Причиной, возникающих ошибок в вычислении коэффициентов, служит деформирование прогоночных векторов. Как известно к векторам предъявляют единственное требование, а именно они должны быть линейно независимыми. Оказывается, что прогоночные векторы в процессе их движения от участка к участку для некоторых роторов настолько деформируются, что система для определения коэффициентов становится плохо обусловленной. С целью исключения накопления вычислительных погрешностей преобразуемая система векторов частных решений требует ее ортогонализации. [3]. В докладе приводится алгоритм и пример расчета.

ЛИТЕРАТУРА

1. Основы теории, конструкции и эксплуатации космических ЯЭУ. Куландин А.А., Тимашев С.В., Атамасов В.Д., Борзилов Б.М., Герасименко П.В., Сырцов Л.А., Сырцов Л.А. Ленинград.: Энергоатомиздат, 1987. – 328 с.
2. Герасименко П.В. Об одном численном методе решения задач статики оболочек вращения. / Герасименко П.В., Павлов Г.А.– Прикладная механика., 1980. Т. 16., № 5., С. 62-66.
3. Gerasimenko P.V. Method of orthogonal trial rum to solve equations of shell stability. International Applied Mechanics. 1983. Т. 19. № 4. С. 332-336.

РАЗРАБОТКА ИННОВАЦИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ТОПЛИВОПОДАЮЩЕЙ АППАРАТУРЫ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ МАЛОТОКСИЧНОГО РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ТРАНСПОРТНЫХ ДИЗЕЛЕЙ

Грехов Л.В., Денисов А.А., Старков Е.Е.

*Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет) (Россия)*

Введение.

Дизели играют ключевую роль в транспортной энергетике развитых стран. По достигнутому уровню экологических и энергоэффективных показателей на сегодняшний день дизели являются самым популярным и незаменимым видом энергетической установки тепловозов, судов, автотракторной и специальной техники.

Актуальность исследований.

В настоящее время непрерывное ужесточение экологических требований во многом определяет развитие современного двигателестроения. Соответствие перспективным нормам экологического законодательства и сохранение приемлемого уровня эффективных показателей становится возможным лишь при глубокой оптимизации и организации малотоксичного рабочего процесса с минимальной последующей обработкой отработавших газов.

Постановка задачи.

Существует множество способов снижения эмиссии токсичных компонентов. Однако, максимальная эффективность дизеля достигается за счет более качественной организации внутрицилиндровых процессов. При этом, формируются требования к топливоподающей аппаратуре (ТПА) [1]. Как было показано в [2], большими возможностями для осуществления перспективных требований обладают аккумуляторные топливные системы.

Результаты исследований.

Разработка конструкций электрогидравлических форсунок (ЭГФ) проводилась в соответствии с технологией сквозного проектирования ТПА и оптимизации рабочего процесса (РП), созданной в МГТУ им. Н.Э. Баумана [3]. Технология успешно используется при создании перспективных дизелей [4, 5].

Такая технология включает итерации, позволяющие согласовывать показатели топливоподдачи и двигателя с учетом возможной недостижимости сформулированных и задаваемых показателей при реализации конкретного проекта топливоподающей аппаратуры. Тем не менее, расчетная оптимизация РП и топливоподдачи позволяет резко ускорить и удешевить трудоемкий процесс доводки новых дизелей и ТПА, добиться лучших результатов благодаря анализу значительно большего числа анализируемых вариантов.

В рамках поставленной задачи важнейшее внимание уделено оптимизации РП транспортных дизелей при различных профилях характеристики впрыскивания, рисунок 1. Первостепенное значение имеет форма переднего фронта характеристики основного впрыскивания. Разработанные конструкции ЭГФ имеют одноканальное управление, у большинства отсутствует мультипликатор запираания иглы, уменьшен подыгольный объем и объем камеры управления (КУ), отличаются использованием различных способов выборочного замедления подъема иглы в начале подачи: механическое сопротивление подъему иглы применено в двухпружинных форсунках; дросселирование поступающего к запорному конусу потока топлива в форсунках с переменным эффективным сечением распылителя; жесткое автоматическое управление давлением в КУ за счет жестких геометрических соотношений конструктивных элементов применено в форсунках с регулируемым байпасированием, с различным сочетанием эффективных проходных сечений жиклеров, с двумя камерами управления; адаптивное автоматическое управление

давлением в КУ по перепаду давлений в КУ и линией слива применено в форсунках с клапаном в КУ; гибкое независимое управление подъемом иглы за счет управления давлением в двух КУ применено в форсунках с двумя КУ и пьезоприводом, обеспечивающим стабильное промежуточное положение управляющего клапана.

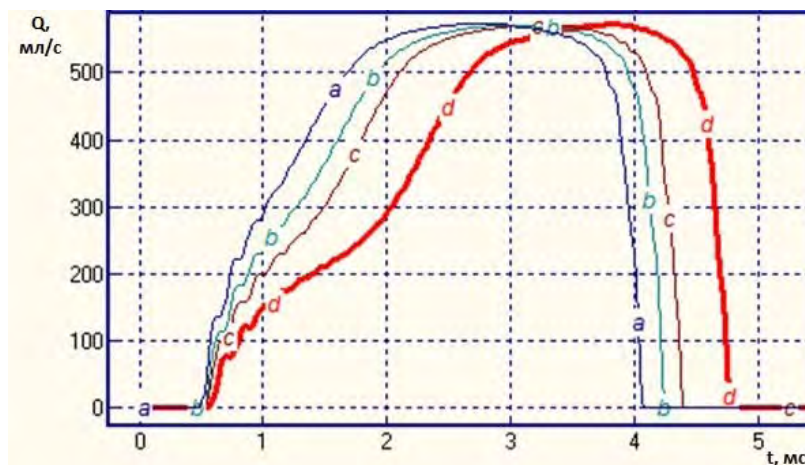


Рисунок 1. Характеристики впрыскивания

Выводы.

Разработанные образцы перспективных конструкций ЭГФ для транспортных дизелей имеют простую, отработанную конструкцию и потенциально возможны к изготовлению на существующей технологической базе, соответствуют представленным требованиям к конструкции и параметрам. Применимость более простых ЭГФ – с одноканальным управлением подтверждается их возможностями соблюдения многорежимной оптимальности организации РП по экологическим критериям при поддержании параметров ступенчатого или ломаного наклонного переднего фронта характеристики впрыскивания с одинаковыми параметрами, в том числе фазовыми, выраженными в единицах времени. Такая работа развернута в МГТУ им. Н.Э. Баумана при поддержке Минобрнауки РФ в рамках темы 2015-14-579-0052-002 «Разработка инновационных конструкций и средств расчетных исследований высоконапорной топливной аппаратуры с перспективными техническими показателями» (уникальный идентификатор ПНИ RFMEFI57715X0160).

ЛИТЕРАТУРА

1. Грехов Л.В. Обоснование требований к топливоподающей аппаратуре малотоксичных энергоэффективных дизелей / Л.В. Грехов, А.А. Денисов, Е.Е. Старков // Известия ВолгГТУ. 2014. Т. 18. № 6 (145). С. 7-11.
2. Грехов Л.В. Выбор и обоснование типа и параметров топливоподающей аппаратуры перспективных дизелей / Л.В. Грехов, А.А. Денисов, Е.Е. Старков // Известия ВолгГТУ. 2014. Т. 18. № 6 (145). С. 11-14.
3. Кулешов А.С., Грехов Л. В. Математическое моделирование и компьютерная оптимизация топливоподачи и рабочих процессов двигателей внутреннего сгорания. – М.: МГТУ, 2000. - 64 с.
4. Kuleshov A.S., Grekhov L.V. Multidimensional Optimization of DI Diesel Engine Process Using Multi-Zone Fuel Spray Combustion Model and Detailed Chemistry NOx Formation Model SAE Tech. Pap. Ser. – 2013. – № 2013-01-0882.
5. Grekhov, L., Mahkamov, K., and Kuleshov, A., "Optimization of Mixture Formation and Combustion in Two-Stroke OP Engine Using Innovative Diesel Spray Combustion Model and Fuel System Simulation Software," SAE Technical Paper 2015-01-1859, 2015, doi:10.4271/2015-01-1859.

МОДЕЛЮВАННЯ ОБОЛОНКОВИХ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ

¹Муль О.В., ²Дорошенко В.С.

¹*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)*

²*Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України (Україна)*

Вступ. Перевернута ланцюгова лінія слугує ідеальним обрисом для арок і куполів, що є елементами багатьох металоконструкцій, зокрема каналізаційних та телефонних люків, дощоприймачів та горизонтальних решіток, оскільки однорідна арка в формі такої лінії зазнає лише деформації стиснення, але не вигину.

Актуальність досліджень. Зниження ваги металевих виливок з обов'язковим зберіганням їх необхідної міцності є важливою вимогою до конструювання таких деталей. Зокрема, для будівельних конструкцій застосовують метод інверсії гнучких висячих сіток, що формуються з плоского стану дією сили тяжіння [1].

Постановка задачі. Необхідно спростити метод фізичного моделювання опорної поверхні безмоментної склепінчастої оболонки складної криволінійної поверхні за аналогією з «перевертанням» висячих сіток шляхом заміни матеріалу для моделювання.

Результати досліджень. Відпрацювання методу було проведено в ливарному цеху. Оболонкові металоконструкції моделювали методом перевертання провисаючої нагрітої термопластичної синтетичної плівки, а саме поліетиленової плівки або севілену марки 11304-075 (ТУ 6-05-1636-97). Плівку завтовшки від 75 до 100 мікрон нагрівали до пластичного стану, від чого вона провисала під власною вагою. Провели моделювання форми виливки кришки люка поліетиленовою плівкою, яка закріплювалася в отворі та нагрівалася трубчастим електронагрівачем, регулюючи провисання зміною температури електронагрівача або його відстані до плівки. Оскільки плівку можна легко закріпити по краю отвору будь-якої конфігурації та подібну технологію нагрівання відпрацьовано для процесу вакуумної піщаної формовки, то проведене моделювання не потребувало застосування сіток особливої конструкції зі спеціальними властивостями та складним процесом регулювання ступеня провисання. Крім моделювання конструкцій люків і решіток запропоновано фізичне моделювання деталей литого контейнера для захоронення радіоактивних відходів [2]. Для полегшення відливки корпусу контейнера виконано моделювання оптимальної форми його стінок зі вставками з кам'яного матеріалу. Подібно піщаним ливарним стержням такі вставки розміщували в металеві стінки контейнера, причому щільність кам'яного матеріалу була майже втричі нижчою за щільність металу при збереженні захисних функцій контейнера. Таку металозберігаючу полегшену конструкцію трьохшарових стінок литого контейнера запатентовано як винахід [3].

Висновки. Запропоновано та відпрацьовано метод фізичного моделювання деяких оболонкових металоконструкцій, а саме метод перевертання провисаючої нагрітої термопластичної синтетичної плівки, що є більш простим та металозберігаючим порівняно з аналогічними методами фізичного моделювання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Муль О.В., Дорошенко В.С. Ідентифікація литих деталей як оболонкових конструкцій // Матеріали 6-ої Міжнародної науково-практичної конференції "Сучасні енергетичні установки на транспорті і технології та обладнання для їх обслуговування" – Херсон, ХДМА, 2015. – С. 141.

2. Дорошенко В.С., Кравченко В. П. Моделирование оболочковых литых конструкций // Литье. Металлургия. 2015: Материалы XI Международной научно-практической конференции / Под ред. Пономаренко О.И. – Запорожье, ЗТПП. – С. 49-50.

3. Патент 88741 UA, МПК В22D 25/00. Спосіб виготовлення виливка корпусу контейнера для захоронення та транспортування радіоактивних відходів / Д. С.Козак, В.Б.Бубликов, А.А. Шейко та ін.- Опубл. 10.11.2009, бюл. № 21.

УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ИМПУЛЬСНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА СВОЙСТВА УГЛЕВОДОРОДНОГО ТОПЛИВА

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

Введение. Магнитную обработку топлива на транспорте с целью увеличения его потребительских качеств (уменьшения расхода топлива и токсичности отработавших газов) можно отнести к одной из наиболее дискуссионных и не теряющих своей популярности тем для исследований во время существования современных и сложных технологий [1]. Способствуют этому, в основном, два фактора: необычайная простота и дешевизна такой обработки и заявленный необычайно высокий её экономический эффект.

Актуальность исследования. Экономия углеводородного топлива, а также экологические проблемы, связанные с продуктами его сгорания, несгоревший углеводород (СН) и вещества, которые отравляют окружающую среду, например угарный газ (СО), а отработавшие газы дизелей представляют собой сложную многокомпонентную смесь газов, паров, капель жидкостей и дисперсных твердых частиц. Относятся к наиболее актуальным на сегодняшний день проблемам.

Целью нашей работы является изготовление и монтирование опытного образца установки для магнитно-импульсной обработки дизельного топлива на транспорте, создающего импульсы магнитного поля, с регулируемой длительностью и мощностью.

Постановка задачи. Для достижения поставленной цели при проведении исследований влияния импульсного магнитного поля на углеводородное топливо необходимо контролировать определенное количество параметров, а именно: весовой расход топлива, температуру двигателя, топлива, выхлопных газов, состав продуктов горения и дымность дизельного двигателя, а также возможность измерять другие характеристики углеводородных топлив (дизельного топлива) непосредственно после его (МТО).

Результаты исследований. В качестве объекта для монтирования опытного образца установки для магнитно-импульсной обработки дизельного топлива взят, дизель-генератор «Forte» модели FORTE FGD6500E (1-но фазный), предназначенный для основных или резервных источников электроэнергии. Генератор оснащен выносным 4-х тактным, одноцилиндровым дизельным двигателем в 4,5 кВт, при рабочих оборотах в 3000 об/мин. Однофазный дизельный генератор Forte FGD6500E экономный в работе (расход топлива составляет 360 г/кВт·ч), а его непрерывная работа может длиться до 8-ми часов. Двигатель марки КМ186 которым оснащен генератор имеет максимальную мощность 6,3 кВт при 3000 об/мин. Одноцилиндровый с воздушным охлаждением и прямым впрыском, диаметр цилиндра 86×72 мм, рассчитанный на любое дизельное топливо для двигателей с прямым впрыском. Для магнитно-импульсной обработки дизельного топлива был выбран ранее разработанный генератор импульсов, генерирующий электрические импульсы определенной частоты и мощности, который обладает следующими параметрами: генерация прямоугольных импульсов частотой от 10 Гц до 1000 Гц, напряжение питания 12В для питания схемы управления генератора импульсов.[2] Импульсное магнитное поле создается в соленоиде, после подачи на него импульса с блока управления генератора импульсов, работающего по принципу дискретно-градиентной обработки, данный генератор импульсов разработан для последующего применения в системах питания, двигателей разного назначения. Габаритные размеры и мощность соленоида зависят от мощности двигателя и его рабочего объема. Во время исследований планируется использовать различную силу магнитных импульсов и продолжительность воздействия на топливо (ДТ), внешний вид смонтированного активатора с блоком управления показан на (рис. 1. а).



а)



б)

Рисунок. 1. а) вид смонтованої установки на дизель - генератор; б) установка для дослідження впливу імпульсного магнітного поля на ДТ

При незмінності умов експеримента фізико-хімічного складу дизельного палива, температури повітря і вихлопних газів, умов горіння з допомогою прободборного зонда, який підключений до димомеру марки «ИНФРАКАР – Д» можливо виміряти димність отработавших газів дизельного двигача, також можливий контроль оборотів і температури масла двигача. Весовий контроль расхода палива происходит з допомогою електронних лабораторних весів марки «ТВЕ-6-0,1». Контроль температури вихлопних газів производится з допомогою пирометра марки «UNI-T UT305C». Для живлення двигача дизель - генератора взято летнее дизельное паливо, его цетановое число – 45, плотность при 20 градусах по Цельсию – 850 кг/м³, вязкость при 20 градусах по Цельсию – 5 мм²/с, температура застывания составляет – 10 градусів по Цельсию. Дизельное паливо обрабатывается імпульсним магнітним полем создаваемым генератором імпульсов в соленоиде. Общий вид установки для дослідження впливу магнітно імпульсної обробки на дизельное паливо, показан на (рис. 1.б).

Выводы. Была смонтована установка для дослідження впливу імпульсного магнітного поля на свойства углеводородного палива (дизельного палива) которая позволяет зафиксировать изменение температуры и димности вихлопных газів, а также расхода палива, при воздействии на дизельное паливо імпульсним магнітним полем разной силы и продолжительности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Малыгин Б.В., Ходаковский А.В., Кавун В.И. Прикладной магнетизм. Магнитная активация водных растворов и органических энергоносителей: (монография).- Херсон: ХДМА, 2012.- 308с.
2. 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.

ФОРМУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОГО ПРОСТОРУ ОЗНАК СИСТЕМИ «ПІЛОТ (ЛЬОТНИЙ ЕКІПАЖ) – ПОВІТРЯНЕ СУДНО - СЕРЕДОВИЩЕ»

¹Рева О.М., ²Шульгін В.А., ¹Борсук С.П.

¹Національний авіаційний університет (Україна)

²Кіровоградська льотна академія Національного авіаційного університету (Україна)

Вступ. Застосування проактивних методів досліджень сучасної поліергатичної активної і організаційної системи управління (ПАОСУ) «пілот (льотний екіпаж в цілому) – повітряне судно (ПС) – середовище» наразі не уявляється без моделювання відповідних процесів у неї, особливо якщо враховувати вплив людського чинника (ЛЧ) на безпеку польотів (БП). Серед чисельних методів моделювання ми акцентуємо особливу увагу на ергатичному моделюванні, оскільки, як було встановлено Генеральним конструктором О. К. Антоновим, застосування саме такого моделювання під час проектування і наступної експлуатації ПС дозволяє:

- скоротити робоче навантаження членів льотних екіпажів (ЛЕ) ПС на 20...40%;
- збільшити відносний час, який має у своєму розпорядженні ЛЕ для здійснення пілотування при одночасному покращенні умов праці на 30...60%;
- збільшити оперативну готовність ПС до польоту на 15...20%;
- зменшити імовірність помилкових дій ЛЕ і покращити надійність його роботи в аварійних ситуаціях;
- оптимізувати процеси професійної підготовки (ПП) ЛЕ.

Однак, зазначене ергономічне моделювання неможливо здійснити без урахування усієї множини простору ознак досліджуваної ПАОСУ, а також їх відношень (рис. 1), що формально можна подати такими виразами:



Рисунок 1. Загальна структура ознак станів ергатичної системи
«льотний екіпаж – повітряне судно - середовище»

$$P = (p_1, p_2, \dots, p_i, \dots, p_n), \quad (1)$$

де p_i – i -та ознака стану ПАОСУ ($i = \overline{1, n}$), що може бути описана такими видами інформації: числовою; лінгвістичною; графічною; змішаною; тією, що не формалізується.

$$R = (r_1, r_2, \dots, r_j, \dots, p_m), \quad (2)$$

де r_j – ознака j -го відношення між елементами ПАОСУ.

При цьому слід вказати, що якщо ознаки досліджуваної ПАОСУ будуть зростати кількісно і мати лінійну залежність, то множина їх взаємодії – мультиплікативно і визначатися геометричною залежністю, що підтверджує сучасну інтерпретацію відомого закону Мура (*Gordon Moore*), спрямовану на пояснення інформаційного буму [1]. Наведене пояснює також наявність статистичної невизначеності та нечіткості в процесах ЛЕ ПС (ЛЕПС) [2-4].

Слід зазначити, що:

- у випадку числової інформації ознаки подаються у вигляді певної базової шкали;
- у випадку графічної інформації – ознака зображується у вигляді просторово-часової структури;
- у випадку змішаної інформації застосовуються форми перших трьох випадків у сукупності;
- інформація, що не формалізується, може бути зведеною до або лінгвістичного, або графічного, або до змішаного типу.

Стосовно дослідження процесу функціонування ПАОСУ «льотний екіпаж – ПС - середовище» слід зазначити, що внаслідок різної природи складових елементів системи простір її ознак буде анізотропним, тобто мати різні одиниці виміру, оскільки координатам точок у цьому просторі будуть відповідати параметри та показники різної природи.

Виходячи з наведеного, пропонується відповідна ієрархічна структура понять інформаційного простору досліджуваної ергатичної системи (рис. 2) та концепція моделювання, що ґрунтується на положеннях системної безпеки і полягає у наступному.

1. Об'єктом дослідження є ПАОСУ «льотний екіпаж – ПС - середовище», елементами якої для кожного конкретного випадку є певне ПС з індивідуальними характеристиками, невеликі групи людей, що приймають участь у процесі його експлуатації та конкретні умови навколишнього середовища на певному маршруті.

2. Повітряне судно експлуатується впродовж деякого терміну часу ΔT_i , який відраховується від моменту повної його зупинки після приземлення і до повної готовності до наступного польоту.

3. Процес експлуатації ПС здійснюється зусиллями множини невеликих груп людей, до якої входять:

- група безпосереднього керування, яка здійснює саме ЛЕПС, тобто льотний екіпаж;
- група технічного обслуговування (ТО) і/або ремонту;
- група керування повітряним рухом;
- група представників метеослужби;
- деякі інші при необхідності.

4. Відмовобезпека досліджуваної ПАОСУ визначається сумарним коефіцієнтом готовності елементів системи до виконання своїх безпосередніх функцій у межах визначених вимог.

5. Сума $\sum_{i=1}^N \Delta T_i$ складає життєвий цикл об'єкта дослідження від моменту введення його в експлуатацію і до моменту списання ПС.

Згідно існуючих підходів, узагальнених у праці [5], в процесі становлення та розвитку ПС, як технічна складова досліджуваної ПАОСУ проходить кілька етапів свого життєвого циклу. Кожний етап, у свою чергу може бути розділений на стадії або фази. Тоді мета керування полягає у забезпеченні найбільш ефективного використання наявних ресурсів для вирішення поставленої задачі на кожному етапі життєвого циклу системи. Причому задачі, що розв'язуються на кожному етапі, мають бути строго узгоджені з глобальною метою, для досягнення якої й створюється ПАОСУ.

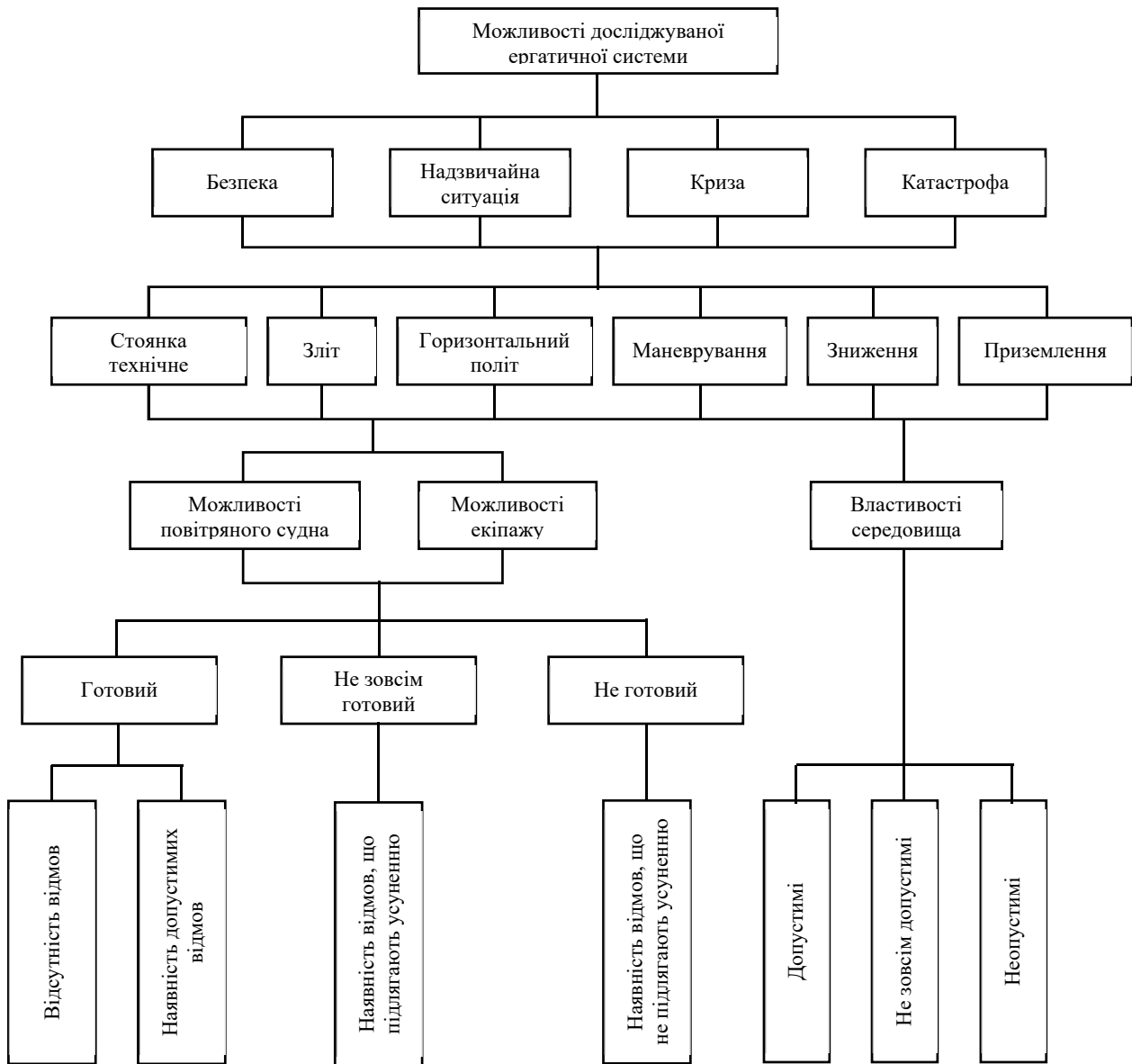


Рисунок 2. Ієрархічна структура понять інформаційного простору ергатичної системи «пілот (льотний екіпаж) – повітряне судно - середовище»

Розглядаючи послідовність дій, що утворюють певну операцію, приходимо до необхідності визначення ієрархічної структури цілей [6-8], якій має відповідати власне структура операції, а також до необхідності вибору показника ефективності даної операції.

У загальному випадку показником ефективності вважається векторний показник:

$$W = (W_1, W_2, \dots, W_i, \dots, W_m), \quad i = \overline{1, m}, \quad (2)$$

де W_i – i -й частинний показник ефективності операції.

Оцінювання ефективності операцій здійснюється у кілька етапів:

- 1) побудова моделі операції та її обчислювальна реалізація;
- 2) оцінювання якості моделі і планування експериментів з нею;
- 3) встановлення значень $W_i(u)$ показника ефективності W для усіх стратегій $u \in U$ з використанням моделі.

використанням моделі.

Зрозуміло, що якщо розглядати оцінювання ефективності операції як процес виконання передбаченої послідовності дій, то це сприяє побудувати модель операції [8]:

$$\left. \begin{aligned} W(u) &= M \left[\rho \left(Y(u), Y^{номр.} \right) \right]; \\ \Psi : \left\{ Y/H : U \times A \xrightarrow{\theta} Y(G) \right\} &\xrightarrow{\theta} W \end{aligned} \right\}, \quad (2)$$

де A – множина визначених і невизначених чинників, що формують умови операції;

$Y^{номр.}$ – потрібний (бажаний) результат операції;

Y – множина кількісних показників результатів операції;

G – вектор характеристик виходу операції, важливих для досягнення мети;

M – знак математичного очікування;

ρ – функція відповідності;

H – модель результату операції, що дозволяє встановити значення $Y(u)$ результату

Y операції для кожної стратегії $u \in U$;

θ – інформація про проблемну ситуацію.

Наведений вираз (2) відбиває загальну стратегію дій з формування інформаційного простору ознак системи «пілот (льотний екіпаж) – повітряне судно - середовище» та передбачає вирішення на ньому оптимізаційної задачі пошуку шляху за виконанням певних (граничних умов), що відповідає, у тому числі вирішенню відомої задачі комівояжера.

Висновки. Узагальнюючи отримані і подані теоретичні наукові результати з дослідження ПАОСУ «льотний екіпаж – ПС - середовище», слід вказати на побудову моделі операції, що вирішується в процесі ЛЕ, а також під час ТО і ремонту ПС. Зазначені операції мають суттєву інформаційну невизначеність її станів, що може бути усуненою за допомогою вирішення оптимізаційних задач на кшталт задачі комівояжера.

ЛІТЕРАТУРА

1. Камишин В. В. Системно-кібернетичні основи організації простору знань у дидактиці в умовах інформаційного буму / В. В. Камишин, О. М. Рева, Н. А. Добровольська // Вища школа : науково-практичне видання, 2016. - № 9 (146). – С. 103-116.

2. 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.

3. Недбай С. В. Системологія невизначеності процесів льотної експлуатації повітряних суден / С. В. Недбай // Авіаційно-космічна техніка і технологія : наук.-техн. журн. – Х. : Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2010. – № 7. – С. 135–146.

Нечіткі моделі ергономічної кваліметрії точності пілотування : монографія / О. М. Рева, В. В. Камишин, В. А. Шульгін, С. В. Недбай ; за ред. О.М. Реви. – Рівне : Овід, 2010. – 106 с.

4. Громов М. С. Проблемы поддержания летной годности воздушных судов со сроком службы более 20 лет / М. С. Громов, В. С. Шапкин // Проблемы безопасности полетов : обзорная информация. – М. : ВИНТИ, 1989. - № 1. – С. 62-84.

5. Акофф Р. О целеустремленных системах / Р. Акофф, Ф. Эмери ; пер. с англ. Г. В. Рубальского ; под ред. И. А. Ушакова. – М. : Советское радио, 1974. – 272 с.

6. Козелецкий Ю. Психологическая теория решений / Ю. Козелецкий ; под ред. Б. В. Бирюкова ; пер. с польск.: Г. Е. Минца, В. Н. Поруса. – М. : Прогресс, 1979. – 504 с.

7. Надежность и эффективность в технике : справочник в 10 т. – Т. 3: Эффективность технических систем / под общ. ред.: В. Ф. Уткина, Ю. В. Крючкова. – М. : Машиностроение, 1988. – 328 с.

МЕХАНІЗМ ГАЗОРОЗПОДІЛУ З КУЛЬОВИМ РЕГУЛЮВАННЯМ

Самарін О.Є.

Херсонська державна морська академія (Україна)

Вступ. Механізм газорозподілу служить для керування процесами впуску повітря в циліндр і впуску відпрацьованих газів [1]. Він складається з впускних і випускних органів газорозподілу та їх приводів.

Найуразливішими елементами механізму є впускні і випускні клапани, що випробовують високі механічні та теплові навантаження. Найбільшу небезпеку становлять теплові навантаження, що визначаються умовами роботи клапанів у зоні високих температур газів, які їх омивають. Втрата щільності клапанів відбувається по ряду причин:

- ерозійне зношування посадкового конуса тарілки клапана і його сідла;
- відкладення коксу та золи на тарілці;
- деформація клапана;
- порушення центрування осі клапана у напрямній;
- прогорання посадкової поверхні;
- низькотемпературна корозія.

Враховуючи масове використання поршневих двигунів внутрішнього згоряння, проблема підвищення надійності механізму газорозподілу та строку його служби набуває практичної значущості.

Мета та задачі проведення досліджень. Розробити такий механізм газорозподілу поршневого двигуна, у якому відсутні ударні та інерційні навантаження, а також не виникають умови для порушення щільності прилягання робочих поверхонь.

Для досягнення поставленої мети необхідно провести аналіз конструкції існуючих механізмів газорозподілу та встановити причини виникнення недоліків.

Рішення поставленої задачі. Запропонований кульовий механізм газорозподілу складається з органу газорозподілу 1 та приводу 2, розташованих у кришці циліндра 3 (рис. 1).

Крутний момент з розподільного валу 10 через зубчасте зачеплення 9 передається на приводний вал 8, який через шліц 14 і шліцьовий паз 15 передає його на запірну кулю 4. Запірна куля 4 разом з отвором 5 обертається у сидельних кільцях 6. При збіганні отвору 5 запірної кулі 4 з отворами 7 у сидельних кільцях 6 гази вільно проходять через них, а при перекритті запірною кулею 4 отворів 7 у сидельних кільцях 6 прохід газів припиняється.

У двотактних двигунах отвір 5 запірної кулі 4 один раз збігається з отворами 7 у сидельних кільцях за один оберт колінчастого валу. У чотиритактних двигунах отвір 5 запірної кулі 4 один раз збігається з отворами 7 у сидельних кільцях за два оберти колінчастого валу. Це забезпечує вільний прохід газів, що відповідає робочому циклу двигуна. Зношування запірної кулі 4 компенсується притисканням її до сидельних кілець 6 пружним елементом 11, наприклад тарілчастою пружиною.

Висновки та рекомендації. Виконання органу газорозподілу у вигляді запірної кулі з отвором, встановленої у сидельних кільцях з отворами, з приводом від валу, що має зубчасте зачеплення з розподільним валом дозволяє забезпечити обертальний рух запірної кулі замість зворотно-поступального руху клапана з пружиною і коливального руху важільного механізму. При цьому запірна куля, що ковзає по напрямних кільцях, самоочищується від осаду.

Виконання отвору запірної кулі та отворів сидельних кілець у вигляді овалу, більша вісь якого розташована уздовж валу дозволяє забезпечити необхідний кут випередження відкриття та запізнення закриття запірної кулі. Необхідне прохідне січення забезпечується шириною та довжиною овального отвору.

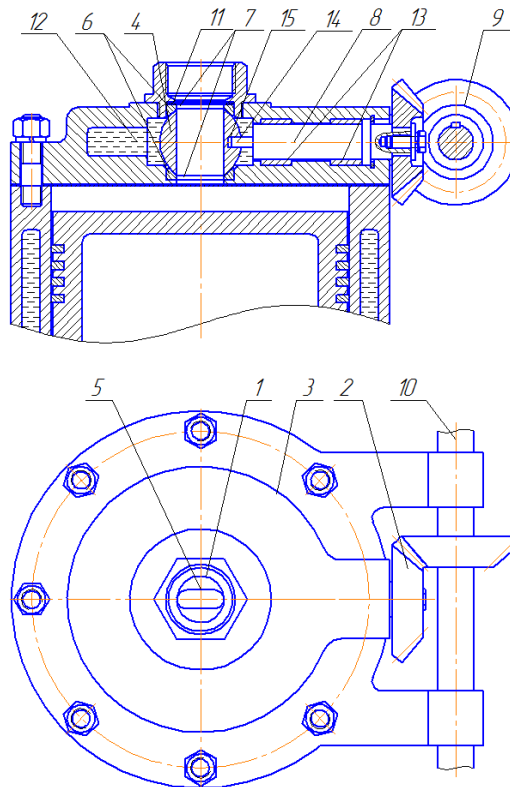


Рисунок 1. Механізм газорозподілу поршневого двигуна з кульовим клапаном: 1 – орган газорозподілу; 2 – привід; 3 – кришка циліндра; 4 – запірні кулі; 5 – отвір; 6 – сідельні кільця; 7 – отвір; 8 – привідний вал; 9 – зубчасте зачеплення; 10 – розподільний вал; 11 – пружний елемент (наприклад тарілчаста пружина); 12 – порожнина; 13 – антифрикційні втулки; 14 – шліц; 15 – шліцьовий паз

Притискання сідельних кілець до запірної кулі за допомогою пружного елемента, наприклад тарілчастої пружини, забезпечує щільний контакт між запірною кулею та сідельними кільцями та запобігає проникненню вихлопних газів у охолоджувальну рідину. Виконано сідельних кілець та запірної кулі з жаростійкого матеріалу забезпечує їх роботу у середовищі підвищеної температури. Наявність між запірною кулею та кришкою циліндра порожнини для проходження охолоджувальної рідини забезпечує надійне охолодження запірної кулі та напрямних кілець. Встановлення приводного валу в антифрикційних втулках зменшує силу тертя та збільшує строк служби валу.

Виконання на кінці приводного валу шліца, який входить у шліцьовий паз запірної кулі забезпечує передавання крутного моменту з приводного валу на запірну втулку.

Забезпечення частоти обертання приводного валу двотактного двигуна у два рази, а чотиритактного у чотири рази менше за частоту обертання колінчастого валу дозволяє узгодити періодичність відкривання та закривання запірної кулі.

Застосування винаходу дозволить встановити на поршневий двигун простий та надійний механізм газорозподілу, що працює без ударних та інерційних навантажень з щільно прилеглими робочими поверхнями.

ЛІТЕРАТУРА

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

2. Гуревич Д.Ф. Трубопроводная арматура. Справочное пособие. Второе издание, переработанное и дополненное. Л, «Машиностроение» Ленинградское отделение, 1981. – 368 с.

РЕДУКТОРНИЙ ПРИВІД РОЗПОДІЛЬНОГО ВАЛУ

Самарін О.Є.

Херсонська державна морська академія (Україна)

Вступ. Відомо ланцюговий привід розподільного валу суднового малообертового двигуна, що складається з провідної та веденої зірочки, а також натяжного, демпферного та прямого пристосування [1].

Ланцюговий привід використовують при великій відстані між осями колінчастого і розподільного валів, коли шестерінчастий привід вийшов би громіздким і дорогим.

Недоліком такого приводу є складність. Для змащування ланцюга застосовується спеціальна система мащення, яка подає мастило під тиском на ланки ланцюга. Доступ мастила до тертьових поверхонь ланок ланцюга утруднено, що пов'язано з особливостями конструкції ланцюга. Тертя у ланках ланцюга приводить до їх зношування та збільшення загальної довжини ланцюга, що порушує кінематичну точність передачі та приводить до порушень у роботі двигуна. Тому ланцюг періодично замінюється на новий, що підвищує трудомісткість обслуговування передачі. При русі ланцюга виникають додаткові інерційні навантаження на передачу та шум.

Враховуючи масове використання на судах потужних малообертових двигунів, проблема підвищення кінематичної точності передачі, зниження трудомісткості обслуговування та шуму, а також збільшення строку експлуатації лишається актуальною.

Мета та задачі проведення досліджень. Розробити такий привід розподільного вала суднового малообертового двигуна, у якому кінематична точність механічної передачі між колінчастим та розподільним валами зберігається протягом всього періоду експлуатації двигуна, а трудомісткість обслуговування передачі, інерційні навантаження та шум зменшуються.

Для досягнення поставленої мети необхідно провести аналіз конструкції існуючих механізмів приводу розподільного валу та встановити причини виникнення недоліків.

Рішення поставленої задачі. Пропонується механічний привід виконати у вигляді конічних редукторів, встановлених на колінчастому і розподільному валах, та з'єднаних проміжним валом через компенсувальні муфти (рис. 1).

Виконання механічного приводу у вигляді конічних редукторів, встановлених на колінчастому і розподільному валах, дозволяє застосувати закриті редукторні передачі, кожна з яких має масляну ванну для змащування зубчастих зачеплень та підшипників. Зубчасте зачеплення має високу кінематичну точність і не вимагає додаткових регулювальних робіт або заміни в процесі експлуатації.

З'єднання конічних редукторів проміжним валом дозволяє забезпечити передачу крутного моменту на значну відстань, яка характерна для потужних суднових малообертових двигунів.

Застосування компенсувальних муфт забезпечує відсутність додаткових осьових, радіальних та кутових навантажень на вали та підшипники редукторів.

Судновий малообертовий двигун складається з колінчастого 1 та розподільного 2 валів, з'єднаних механічним приводом 3, який виконано у вигляді конічних редукторів 4, встановлених на колінчастому 1 і розподільному 2 валах, та з'єднаних проміжним валом 5 через компенсувальні муфти 6.

Судновий малообертовий двигун працює наступним чином.

Крутий момент з колінчастого валу 1 через конічні редуктори 4, проміжні вали 5 та компенсувальні муфти 6 передається на розподільний вал 2 та приводить його у рух. Компенсувальні муфти 6 компенсують осьові, радіальні та кутові відхилення між осями конічних редукторів 4.

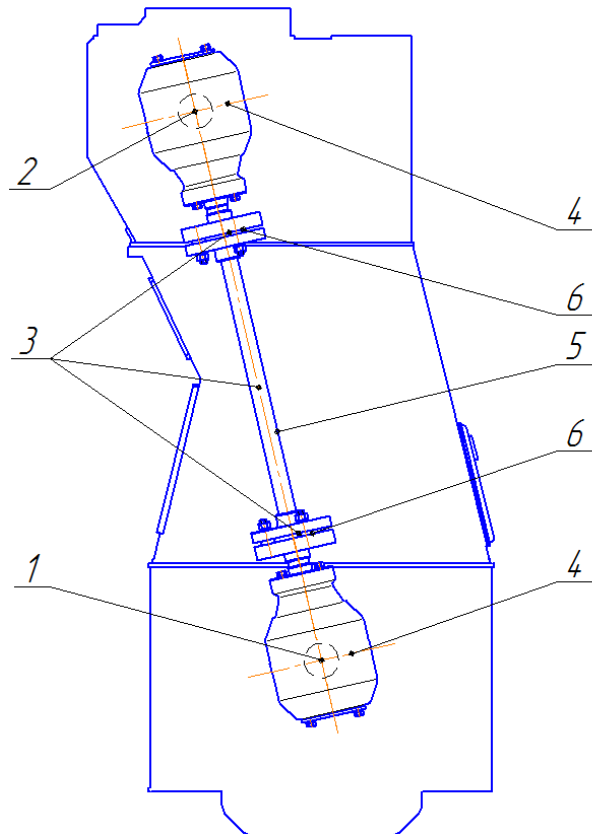


Рисунок 1. Редукторний привід розподільного валу: 1 – колінчастий вал; 2 – розподільний вал; 3 – механічний привід; 4 – конічний редуктор; 5 – проміжний вал; 6 – компенсувальна муфта

Передавальне число редукторного приводу розраховується за виразом:

$$i = i_1 \times i_2$$

де i_1, i_2 – передавальне число відповідно першого та другого редуктора.

Загальне передавальне число всієї передачі має бути для чотиритактних дизелів $i = 1/2$, а для двотактних $i = 1$.

Висновки та рекомендації. Застосування корисної моделі дозволить забезпечити необхідну кінематичну точність механічного приводу між колінчастим та розподільним валами протягом всього періоду експлуатації двигуна, зменшити трудомісткість обслуговування передачі, інерційні навантаження та шум.

Редукторний привід рекомендується застосовувати у потужних мало обертових двигунах, у яких значна відстань між колінчастим та розподільним валами.

ЛІТЕРАТУРА

1. Возницький І.В. Судовые двигатели внутреннего сгорания, том.1: М. Моркнига, 2008.-282 с.
2. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя.-6-е изд.- М.: Машиностроение: В 3-х т. 1982. Т. I - 728 с.; Т. II – 559 с. ; Т. III – 557 с.
3. Иванов М.Н. Детали машин. Учебник для вузов. Изд. 3-е, доп. И перераб. М., «Высш. школа», 1976, - 399 с.

ПОРШЕНЬ З ТЕЛЕСКОПІЧНИМ ШТОКОМ

Самарін О.Є.

Херсонська державна морська академія (Україна)

Вступ. Сила дії газів на поршень змінюється періодично від максимальної до мінімальної величини.

При динамічних та міцносних розрахунках деталей дизеля найбільш характерною величиною, яка визначає зовнішнє навантаження на деталі, є максимальна сила. Вона виникає у верхній мертвій точці у момент згоряння палива у циліндрі. Враховуючи те, що на процеси сумішоутворення та згоряння палива у дизелі відводиться відносно короткий проміжок часу 0,005...0,05 с, процес підвищення тиску у циліндрі відбувається миттєво. Це призводить до різкого зростання сили, що діє на деталі кривошипно-шатунного механізму та на підшипники. Відсутність демпфуючих елементів призводить до періодичного ударного навантаження деталей дизеля при кожному оберті колінчастого валу. Такі умови роботи негативно відбиваються на роботоздатності та довговічності шатунних підшипників та підшипників колінчастого валу.

Враховуючи масове використання поршневих двигунів внутрішнього згоряння, а також високі витрати на технічне обслуговування та ремонт, проблема зменшення навантаження на деталі КШМ, а також підвищення строку служби підшипників набуває практичної значущості.

Мета та задачі проведення досліджень. Розробити такий шток поршня, у якому сила, що виникає при згорянні палива у циліндрі та діє на поршень, частково демпфується та передається на підшипники рухомої частини двигуна поступово, що зменшує ударне навантаження та збільшує їх довговічність. Пружний елемент повинен мати стабільні характеристики упродовж всього строку експлуатації та не вимагати періодичної заміни. Його розташування має забезпечити необхідну пружність і хід телескопічного штоку.

Для досягнення поставленої мети необхідно провести аналіз конструкції штоку, нерухомих і рухомих частин двигуна та встановити причину виникнення ударного навантаження підшипників.

Рішення поставленої задачі. Для забезпечення рішення поставленої задачі у крейцкопфному двигуні замість жорсткого штоку пропонується встановити телескопічний шток з пружинним елементом (рис. 1). Запропонований телескопічний шток поршневого двигуна складається з поршневої 1 і циліндричної 2 частин та пружного елемента, який виконано у вигляді пружини стискання 3 (рис.2, а) або тарілчастої пружини 4 (рис.2, б), встановленої зовні на поршневу частину 1 штоку. Попередня сила стискання пружини 3 або 4 менше максимальної сили газів при згорянні палива, але більше сили стикання газів у циліндрі.

На поршневій частині 1 штоку закріплено напрямні кільця 5 з антифрикційного матеріалу, по периметру яких розташовано ущільнювачі 6. Циліндрична частина 2 штоку має фланець 7, до якого кріпиться упор 8.

У циліндричній частині 2 штоку між напрямними кільцями 5 виконано отвір 9.

При згорянні палива у циліндрі виникає максимальна сила, що діє на поршневу частину 1 телескопічного штоку. У зв'язку з тим, що попередня сила стискання пружини 3 або 4 менше максимальної сили газів при згорянні палива, поршнева частина 1 стискає пружину 3 або 4 і рухається уздовж осі штока по напрямних кільцях 6, зменшуючи його довжину. При цьому частина максимальної сили тиску газів акумулюється у пружині 3 або 4 і на циліндричну частину 2 штоку передається поступово.

У запропонованому двигуні сила, що діє уздовж штока P дорівнює:

$$P = P_g \pm P_j - P_n,$$

де P_n – сила стискання пружини.

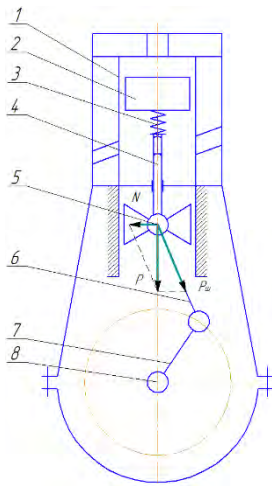


Рисунок 1. Схема кривокопфного двигуна з телескопічним штоком:
 1 – циліндр; 2 – поршень;
 3 – пружина; 4 – телескопічний шток;
 5 – кривокопфний механізм;
 6 – шатун; 7 – колінчастий вал;
 8 – підшипник колінчастого валу

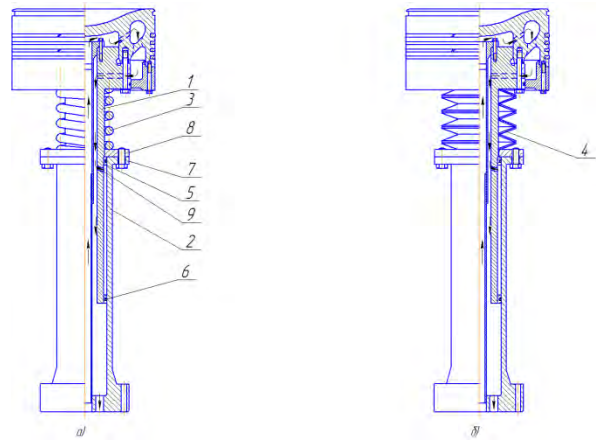


Рисунок 2. Телескопічний шток кривокопфного двигуна з пружиною стиснення (а) і тарілчастою пружиною (б):
 1 – поршнева частина;
 2 – циліндрична частина; 3 – пружина стиснення; 4 – тарілчаста пружина;
 5 – напрямне кільце; 6 – ущільнювач;
 7 – фланець; 8 – упор; 9 – отвір.

Відповідно сила $P_{ш}$, що спрямована уздовж шатуна та нормальна сила N , спрямовану перпендикулярно до осі циліндра будуть дорівнювати:

$$P_{ш} = \frac{P - P_n}{\cos\beta};$$

$$N = (P - P_n) \operatorname{tg}\beta$$

Висновки та рекомендації. Запропоноване технічне рішення дозволяє зменшити динамічне навантаження на вузли та деталі кривошипно-шатунного механізму, знизити швидкість зношування підшипників ковзання і збільшити строк експлуатації кривокопфного двигуна. Зменшення пікового навантаження у циліндрі та пролонгація його у часі забезпечує розподіл тиску у підшипниках по більшій площині. Це дозволяє забезпечити більш рівномірне зношування поверхонь тертя у підшипниках та знизити температуру їх нагрівання. Крім того, зменшується ударний вплив на деталі кривошипно-шатунного механізму. Застосування пружини стиснення або тарілчастої пружини дозволяє підбирати відповідну силу попереднього стиснення та необхідну жорсткість згідно з характеристиками двигуна. Це дозволяє охопити двигуни всіх типорозмірів. Конструктивне виконання показано на базі вузлів двигунів, що випускаються фірмою MAN B&W Diesel. Тому воно легко може бути використане у двотактних кривокопфних двигунах вказаного виробника.

ЛІТЕРАТУРА

1. Возницький І.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-математической литературы», 1961.-401с.
4. Патент РФ №2200857 от 29.05.2000, Двигатель внутреннего сгорания.

ТУРБОКОМПРЕСОР З ВАРІАТОРНИМ РЕГУЛЮВАННЯМ

Самарін О.Є.

Херсонська державна морська академія (Україна)

Вступ. В основі роботи дизеля лежить перетворення енергії спалюваного палива в механічну роботу, тому, чим більше спалено палива, тим більшу роботу зможе розвинути двигун. Але кількість палива, яке може ефективно згоріти в циліндрах заданого розміру, лімітується масою розміщеного в них заряду повітря. Для збільшення маси заряду повітря потрібно збільшити його щільність. Технічне рішення, яке дозволяє підвищити агрегатну потужність двигуна за рахунок збільшення циклової подачі палива і заряду повітря при практично незмінному коефіцієнті надлишку повітря, називається наддувом. У якості наддувних агрегатів використовуються газотурбокомпресори, що складаються з відцентрового компресора і газової турбіни, встановлених на одному валу. Порушення у роботі турбокомпресора, особливо на режимах часткового навантаження, помпаж призводять до збоїв у роботі двигуна та зменшення його потужності. Враховуючи широке застосування двигунів з турбонадувом, високі витрати на технічне обслуговування та ремонт турбокомпресорів, проблема автоматичного пристосування їх роботи до всіх режимів експлуатації двигуна, а також підвищення строку служби набуває практичного значення.

Мета та задачі проведення досліджень. Створити такий турбокомпресор, у якому частота обертання відцентрового компресора не залежить від частоти обертання газової турбіни або механічного приводу і автоматично підтримується в оптимальному режимі на всьому діапазоні роботи двигуна. При цьому необхідно провести аналіз роботи існуючих турбокомпресорів та визначити шляхи вдосконалення.

Рішення поставленої задачі. Для забезпечення рішення поставленої задачі у турбокомпресорі між газовою турбіною або механічним приводом та відцентровим компресором встановлено варіатор, наприклад з ремінною передачею, ведучий шків з рухомим диском якого закріплено на газовій турбіні або механічній передачі, а ведений шків з рухомим диском і пружиною стискання закріплено на відцентровому компресорі (рис. 1).

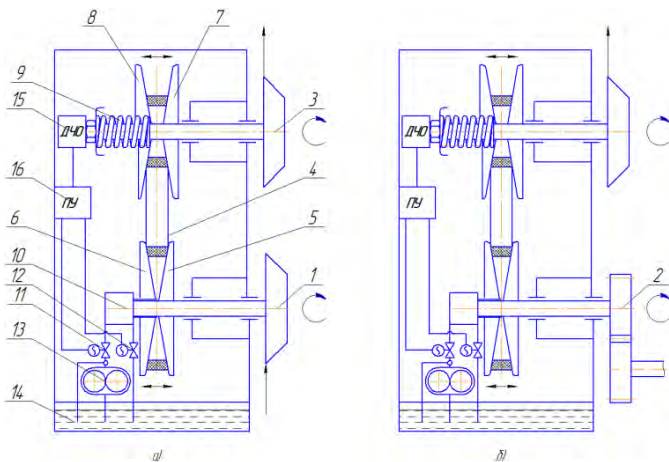


Рисунок 1. Турбокомпресор з газовою турбіною (а) та механічним приводом (б): 1 – газова турбіна; 2 – механічний привід; 3 – відцентровий компресор; 4 – ремінна передача; 5 – ведучий шків; 6, 8 – рухомий диск; 7 – ведений шків; 9 – пружина стискання; 10 – обертовий гідроциліндр; 11, 12 – електромагнітний клапан; 13 – масляний насос; 14 – масляна ванна; 15 – датчик частоти обертання; 16 – пульт управління

На газовій турбіні або механічному приводі встановлено обертовий гідроциліндр, зв'язаний з рухомим диском ведучого шківів та масляною системою варіатора, у складі якої є електромагнітні клапани, масляний насос та масляна ванна, а на відцентровому компресорі встановлено датчик частоти обертання, зв'язаний з пультом управління.

Газова турбіна 1 або механічний привід 2 приводять до обертання ведучий шківів 5 варіатора. Крутний момент з ведучого шківів 5 через ремінну передачу 4 передається на ведений шків 7 та призводить до обертання відцентровий компресор 3, який усмоктує

повітря та подає його у двигун. При обертанні відцентрового компресора 3 датчик числа обертів 15 знімає показники і порівнює їх із заданими значеннями. При задовільній частоті обертання відцентрового компресора 3 сигнал з датчика числа обертів 15 на пульт управління 16 не поступає, електромагнітні клапани 11 та 12 лишаються закритими і масляний насос 13 перекачує масло у масляну ванну 14.

При зменшенні частоти обертання відцентрового компресора 3 відповідний сигнал з датчика частоти обертання 15 поступає на пульт управління 16, а з нього на електромагнітний клапан 11, який відкривається і масло з масляної ванни 14 через масляний насос 13 поступає до обертового гідроциліндру 10, який переміщує рухомий диск 6 ведучого шківів 5 вправо. Активний діаметр ведучого шківів 5 збільшується і натяг ремінної передачі 4 зростає. При цьому ремінна передача 4 діє на рухомий диск 8 веденого шківів 7, який долає зусилля пружини стискання 9 та переміщується вліво. Активний діаметр веденого шківів 7 зменшується. Таким чином, передавальне число варіатора збільшується і частота обертання газової турбіни зростає. Після досягнення встановленого значення частоти обертання сигнал з датчика частоти обертання 15 поступає на пульт управління 16, а з нього на електромагнітний клапан 11, який закривається і масло з масляного насоса 13 поступає у масляну ванну 14.

За потреби, регулювання частоти обертання відцентрового компресора 3 можна виконати у ручному режимі. Виходячи з того, що в існуючих турбокомпресорах газової турбіни і компресор встановлені на одному валу, забезпечується кінематична рівність їх частоти обертання, тобто $n_m = n_k$.

Запропонована схема турбокомпресора дозволяє регулювання частоти обертання турбіни у широкому діапазоні згідно з виразом:

$$n_m = n_k \frac{D_k}{D_m},$$

де n_m – частота обертання турбіни, хв.⁻¹; n_k – частота обертання турбіни, хв.⁻¹; D_k – активний діаметр приводного шківів компресора, мм; D_m – активний діаметр приводного шківів турбіни, мм.

Висновки та рекомендації. Застосування корисної моделі дозволить автоматично встановлювати оптимальну частоту обертання відцентрового компресора, що підвищить якість утворення паливної суміші у двигуні. Основна перевага при застосуванні варіатора полягає в ефективному використанні компресора на різних режимах роботи двигуна за рахунок оптимального узгодження навантаження на двигун з оборотами колінчастого валу. Тим самим досягається висока паливна економічність та безперервна зміна крутного моменту. З усього різноманіття різних видів варіаторів на сьогоднішній день можна рекомендувати клиноремінний, клиноланцюговий і тороїдний варіатори. При застосуванні клиноремінного варіатора рекомендується використовувати гнучкий металевий ремінь, який виготовляють з декількох (10-12) полос сталі та пов'язаних з нею фасонних частин у вигляді метелика. Передача обертання здійснюється за рахунок сил тертя між шківівими і бічною поверхнею ремня. Реміні даної конструкції мають високу міцність, довговічність, гнучкість (мінімальний радіус вигину 30 мм), низький рівень шуму. Ремінь виготовляється з металевих пластин конічної форми. Клиноланцюговий варіатор складається з пластин з'єднаних осями. Така конструкція забезпечує кращу гнучкість (радіус вигину 25 мм). На відміну від клиноремінного варіатора крутний момент передається торцевою поверхнею ланцюга при її точковому контакті з конічними дисками. У місцях контакту виникають високі напруги, які компенсуються за рахунок виготовлення конічних дисків з високоміцної (підшипникової) сталі. Клиноланцюговий варіатор має найменші втрати при передачі крутного моменту і найвищий коефіцієнт корисної дії. Тороїдний варіатор включає два співвісних вала зі сферичною (тороїдною) поверхнею, між якими затиснуті роликів. Зміна передавального числа в тороїдному варіаторі виробляється за рахунок зміни положення роликів, а передача крутного моменту за рахунок сил тертя між робочими поверхнями коліс і роликів.

ПАССАЖИРСКИЙ ЭЛЕКТРОХОД

Скосарь В.Ю., Ворошилов А.С., Бурылов С.В.

Институт транспортных систем и технологий НАН Украины (Украина)

Введение. Катера и моторные лодки не потеряли своей привлекательности для населения Украины и могут успешно использоваться для прогулок и экскурсий по рекам и вдоль морских побережий Черного и Азовского морей. Но основными препятствиями для их широкого применения являются высокая стоимость углеводородного топлива (с тенденцией к дальнейшему ее повышению) и экологические аспекты эксплуатации таких плавающих средств (шумовые нагрузки, вредные выбросы в атмосферу). Как вариант решения этих вопросов авторы видят перспективу использования электроходов с небольшой пассажироместимостью, работающих от литиевых аккумуляторных батарей. Электроходом называют судно, движитель которого приводится в действие электрическим двигателем [1]. Большим преимуществом электрохода является его маневренность, а также низкий уровень шума, что весьма привлекательно для пассажирских перевозок. Недостатком электроходов советского периода являлась относительная сложность и дороговизна энергетической установки, в качестве которой часто использовались высокооборотные двигатели внутреннего сгорания, работающие в постоянном режиме и связанные с электрогенератором, питающим электродвигатель [1]. Этот недостаток можно исключить за счет питания электродвигателя от аккумуляторной батареи без потерь на преобразования энергии из одного вида в другой.

Актуальность исследований связана с привлекательностью потенциального товара для потребителей, а именно пассажирского электрохода для прогулок и экскурсий, а также с необходимостью перехода на более чистые технологии в транспортной сфере, в том числе, на водном транспорте. *Авторы ставили задачу* провести оценку возможной переделки некоторых моделей прогулочных катеров, работающих от двигателя внутреннего сгорания, на электроходы, работающие от литиевых аккумуляторных батарей. Из всех выпускаемых серийно аккумуляторных батарей литиевые батареи выглядят наиболее привлекательными по удельным характеристикам, что минимизирует их массу и габариты. В работе будут оценены параметры литиевых батарей для электрохода с учетом мощности электродвигателя, максимальной скорости движения и дальности автономного плавания.

Результаты исследований. В качестве прототипов электрохода выбраны 2 модели советского периода, а именно катер «Амур-2» на стационарном двигателе внутреннего сгорания (ДВС) и моторная лодка «Днепр» на подвесном ДВС. Максимальная пассажироместимость каждого судна составляет 5 чел. [2]. Для обоих судов предусматривается тент, кроме того, у катера имеется закрытая каюта. Катер «Амур-2» выпускался авиационным заводом им. Ю. А. Гагарина, а лодка «Днепр» - Херсонским судостроительным заводом. Уникальность той или иной модели или прекращение производства в настоящий момент не являются принципиальными в контексте настоящей работы, поскольку примеры приведены исключительно для иллюстрации. Эксплуатация катера допускается при удалении от берега до 3 км и при высоте волны до 1,2 м, эксплуатация лодки - при удалении от берега до 3 км и при высоте волны до 0,7 м. Укажем основные параметры судов (см. табл. 1). Теперь сделаем оценку параметров литиевых батарей, исходя из данных табл. 2.

Для катера «Амур-2», чтобы обеспечить электродвигатель мощностью 37,7 кВт, нужно, например 10 НМК-батарей суммарным напряжением 360 В, дающих ток около 100 А, и состоящих из 10 последовательно соединенных аккумуляторов по 3,6 В каждая. Если батарею разряжать током в 1 С (А), то емкость батареи должна быть 100 А·ч. Это соответствует дальности автономного плавания в 40 км в течение одного часа. Запас энергии батареи окажется 36 кВт·ч, а масса - 200-260 кг. Аналогично, для лодки «Днепр», чтобы добиться дальности автономного плавания 33 км, нужно 10 НМК-батарей

суммарным напряжением 360 В, дающих ток около 50 А, и состоящих из 10 последовательно соединенных аккумуляторов по 3,6 В каждый.

Таблица 1. Характеристики судов [2]

Параметры / Модель судна	Амур-2	Днепр
Длина наибольшая, мм	5620	4400
Ширина наибольшая, мм	1830	1590
Высота борта на миделе, мм	930	680
Осадка корпусом, мм	232	-
Грузоподъемность, кг	500	400
Скорость при полной нагрузке, км/ч	40	33
Материал корпуса/ палуба и рубка	Сплавы АМгМ/ Д16АТ	Сплавы Д16АТ и АМг
Номинал. мощн. двигателя, л.с. (кВт)	51 (37,7)	25 (18,5)

Таблица 2. Характеристики литиевых аккумуляторов [3]

Параметры / Материал катода	Литий-Кобальт (LCO)	Литий-Железо-Фосфат (LFP)	Литий-Марганец-Кобальт (НМК)
Номинал. напряжение, В	3,6	3,3	3,6
Удельная энергия, Вт·ч/кг	150-190	90-120	140-180
Ток разряда в непрерывном режиме, А (С – ном. емк. в А·ч)	1 С	До 35 С	До 10 С

Емкость батареи должна быть 50 А·ч для работы в течение одного часа. Запас энергии батареи окажется 18 кВт·ч, а масса – 100-130 кг. Но если осуществлять плавание на скорости 15 км/ч, то за счет меньшего сопротивления воды можно уменьшить мощность двигателя, что позволит уменьшить требования к батареям. Считая приблизительно справедливым зависимость гидродинамического сопротивления F движению судна: $F \sim v^2$ [2], где v – скорость движения судна, и учитывая связь мощности двигателя со скоростью движения: $W = F \cdot v$, получаем зависимость: $W \sim v^3$. Отсюда легко получить, что для развития скорости в 15 км/ч электродвигатель катера «Амур-2» можно ограничить мощностью в 2,3 кВт, а электродвигатель лодки «Днепр» – мощностью 1,7 кВт. Допустим, мы хотим добиться дальности автономного плавания 30 км (2 ч плавания) и желаем использовать аналогичную НМК-батарею напряжением 36 В. Максимальный ток питания электродвигателя будет 64 А для катера и 48 А для лодки. Учитывая, что разряжать батарею придется током 0,5 С (2 ч разряда), то емкость батареи должна быть 128 А·ч – для катера «Амур-2» и 96 А·ч – для лодки «Днепр». Это отвечает массам литиевых батарей 26-33 кг и 19-25 кг – для катера и лодки, соответственно.

Выводы. Предварительно можно утверждать, что для коротких прогулок и экскурсий пассажирский электроход на 4-5 человек вполне может быть использован. После каждых 30 км плавания следует заряжать батареи, либо производить их замену на уже заряженные. Главным препятствием на пути реализации такого проекта остается довольно высокая цена литиевых батарей, но по мере их удешевления это препятствие снимается.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хайкин А.Б. Современные и перспективные электроходы. – Л.: Судостроение, 1969. – 400 с.
2. Справочник по катерам, лодкам и моторам. Под общей редакцией Г. М. Новака. — 2-е изд., перераб. и доп. — Л.: Судостроение, 1982. — 352 с.
3. Обзор различных типов литиевых аккумуляторов. Режим доступа: <http://www.mobipower.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=484>.

EFFICIENCY IMPROVING METHODS FOR INFORMATION DISPLAYING IN OPTIMIZATION OF DECISION-MAKING PROCESS

¹Tkach V.A., ²Kashtalyan P.V., ²Rozhkov S.A.
¹*Kherson National Technical University (Ukraine)*
²*Kherson State Maritime Academy (Ukraine)*

The imaging systems have become sophisticated information portals that display as different analytical information, overall equipment effectiveness indicators, the forecasts work and the probability of failure of various components of the system, etc. This information may be in the nature of images or video, as the image can be viewed as a two-dimensional signal, which is considerably more capacious data carrier than the usual one-dimensional (time) signal [0, 0].

Data Visualization – is an image transformation. That is, the input data is an image, and the result – the same image. The task of image processing can be both improved, depending on certain criteria (restoration, recovery), and special transformations (Euclidean, affine, projective), radically changing the image: shift, rotation, scale change along axes oblique to the conservation of parallel lines, etc. [0].

Processing and analysis of visual information – is an application of transformation systems, providing an extract from it useful information about the properties of the objects.

At present, it has successfully developed a new direction in the development and improvement of the functioning of intelligent systems - distributed intelligent software systems. Such systems can be implemented in different ways, but it is multi-agent systems concentrate all the necessary properties of such technologies with the greatest expressiveness and completeness. Systems based on intellectual program agents, intended for complex technological processes control are a logical continuation of the development of two directions – modern network information technology and intelligent systems.

To solve the problems of multi-agent control system should ensure the implementation of the following [0]:

- continuous collection of data in real time;
- technical condition assessment of individual components and the control system as a whole;
- decision process control tasks;
- administration of information resources managing complex;
- monitoring of the state of technological complex;
- predict the time of occurrence of failures and faults in the subsystems of the process control.

If the interface agents have the following properties: autonomy of behavior the ability to respond to environmental perturbations, adaptive behavior, they may be one and the components of the controlled dynamic system, in which it is possible to determine the optimal control in the sense of minimizing the transient time. Such a system is a software entity that performs a series of operations in the interests of the user or another program that has a certain degree of independence, autonomy, and uses knowledge to make this or that decision.

It is known [0] that in the case where mutual deformation scene elements in three-dimensional space is not allowed, the scene can be regarded as a rigid body, movements of the Euclidean plane corresponds subgroup containing a conversion translation and rotation.

Every point x_{ij} in space can be associated with a point $f(x_{ij})$ having the same coordinates with respect to the "new" coordinate system as the point x_{ij} in the original coordinate system, so we can assume the affinity of these distortions [0].

In this case, the image plane being the inverse matrix A^{-1} provides elimination of disturbances and determines the proximity typical scene elements and image elements. If the image is flat, it is necessary to solve a system of four equations:

$$\bar{x}_j = A^{-1} \bar{x}_j^* \quad (1)$$

$$\left. \begin{aligned} \tilde{x}_{11} &= a_{11}x_{11} + a_{12}x_{12} \\ \tilde{x}_{12} &= a_{12}x_{11} + a_{22}x_{12} \\ \tilde{x}_{21} &= a_{11}x_{21} + a_{12}x_{22} \\ \tilde{x}_{22} &= a_{21}x_{21} + a_{22}x_{22} \end{aligned} \right\},$$

that in the solution gives (2)

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix} = A^{-1} . \quad (2)$$

The whole image can be adjusted by matrix A^{-1} . The image is represented as a matrix is compared with a desired value a_{ij} and thus detects deviation ε is converted into a control action $U(t)$, which is formed as a function of the deviation ε , and affecting the object tends to reduce or eliminate this deviation.

Conclusions:

The decision of management tasks based on software agents minimizes processing time and the perception of information.

The task of optimizing the image recognition procedures in the form of objective function positive and non-negative weights coefficients instead of searching the optimum point it is more important to find distribution of the weights on the image.

In presenting the image for analysis, it is advisable to perform the correction of disturbances in the form of an affine transformation, which significantly reduces the amount of computation.

LITERATURE

1. Bodyanskiy Ye.V. Intellectual control of technological processes (ferroalloy production). Monography (scientific publication) / Ye.V. Bodyanskiy, Ye.I. Kucherenko, A.I. Mikhalev, V.A. Filatov, M.M. Hasik, V.S. Kucin // ed. A.I. Mikhalev – Dnepropetrovsk: National metallurgical academy of Ukraine, 2013. – 213 p.
2. Sergeev S.F. Introduction to design of intellectual interfaces: Teaching aid / S.F. Sergeev, P.I. Paderno, N.A. Nazarenko. – Saint Petersburg: SPbSU ITMO, 2011. – 108 p.
3. Automatic control theory manual / Ed. A.A. Krasovskiy. – M. Science, 1987. – 712 p.
4. Ponomarenko V.A. Country of aviation – black and white / V.A. Ponomarenko – M.: Science, 1995. – 288 p.
5. Novikov D.A. Control of organizational systems theory / D.A. Novikov. –M.:MPSI, 2005. – 584 p.
6. Tkach V.A. The features of control systems design in intellectual / V.A. Tkach, S.A. Rozhkov // Informational technologies problems. – 2012. –№1 (011). – P. 157-160.
7. Tkach V.A. The methods of geometrical modeling in image plotting / Tkach V.A.// New technologies. Scientific bulletin KUEITU – 2013. –№ 3-4 (41-42). – P. 120-124.

ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ ІНСТРУМЕНТУ В ПРОЦЕСІ ОБРОБКИ НЕЖОРСТКИХ ГВИНТОВИХ ЗАГОТОВОК

Томашевський С.М., Роїк М.М.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)

Процес обробки різанням нежорстких гвинтових заготовок, яку використовуються у гвинтових конвеєрах, є дуже складним, а результат його визначається багатьма параметрами, деколи скритого характеру. Нерівномірність фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу, структурні зміни зрізаючого шару металу в процесі оброблення через сильне деформування і нагрів, безперервна зміна геометрії різальної кромки, різні фізико-хімічні ефекти (напилення, нарости, окисні плівки), що появляються і зникають в процесі різання і інші візуально непомітні фактори значно впливають на стійкість різального інструменту.

Нестабільність матеріалу різального інструменту, термічної обробки і заточування інструменту, його неконтрольовані параметри (мікрогеометрія різальної крайки, радіус заокруглення) – все це впливає на продуктивність. Тому вивчення і дослідження стійкості інструменту методом однофакторного аналізу є затрудненим, оскільки важко стабілізувати незалежні змінні величини і по черзі змінювати деякі з них, щоб встановити певні закономірності. Тому практично ці закономірності можна виявити емпірично, одночасно змінюючи декілька змінних, щоб скоротити час і витрати для експерименту.

Для дослідження цього процесу застосуємо метод оптимального планування (метод характеристичних поверхонь), який вперше запропонований проф. Боксом і адаптований до технології машинобудування проф. Вульфом А.М.

Необхідно відмітити, що математична модель описується не системою рівнянь в цілому, а лише певним комплексом факторів, які найбільше інтересують дослідників, який намагається творити якомога простішу модель, щоб забезпечити її вирішення.

Так, зміна стійкості інструменту T залежно від швидкості різання V , подачі S і глибини різання t описується математичною залежністю.

$$T^m = C_V S^p t^q; \quad (1)$$

тут приймається T – залежна і V, s, t – незалежні змінні процесу різання.

В логарифмічному вигляді рівняння буде поліномом першої степені:

$$\ln T = \frac{\ln C}{m} + \frac{\ln V}{m} + \frac{p}{m} \ln S + \frac{q}{m} \ln t; \quad (2)$$

Експерименти планували на основі багатофакторного аналізу, тобто одночасної зміни всіх змінних факторів $X_1(V)$, $X_2(S)$, $X_3(t)$ з необхідним визначенням постійної b_0 і коефіцієнтів b_1, b_2, b_3 : $y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + \varepsilon$.

Вибір режимів різання проводили таким чином, щоб спростити кодування з врахуванням можливостей верстату і граничних режимів різання.

Після проведення математичного планування багатофакторного експерименту та обробки експериментальних даних отримаємо цільову функцію в кодованих значеннях:

$$\ln T \approx 3,66 - 0,96x_1 - 0,16x_2 - 0,19x_3, \quad (3)$$

після перетворення

$$\begin{aligned} \ln T &= 3,66 - 0,96(1,739 \ln V - 8,2) - 0,16(2,857 \ln S + 2,97) - 0,19(1,82 \ln t - 1) = \\ &= 11,24 - 1,67 \ln V - 0,46 \ln S - 0,35 \ln t \end{aligned} \quad (4)$$

Отже, кінцева формула для визначення стійкості різців при обробці гвинтових секційних робочих органів прийме вигляд:

$$T = \frac{e^{11,24}}{V^{1,67} S^{0,46} t^{0,35}}, \text{ хв.} \quad (5)$$

РОЗРОБКА НОВИХ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ ДЛЯ АНТИКОРОЗІЙНОГО ЗАХИСТУ БАЛАСТНИХ ЦИСТЕРН З ВИКОРИСТАННЯМ ПЛАВУЧИХ ІНГІБІТОРІВ

Щедролосєв О.В., Узлов О.М., Кириченко К.В.
*Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова (Херсонська філія) (Україна)*

Вступ. Для захисту внутрішніх і зовнішніх поверхонь корпусів суден та доків найчастіше використовують лакофарбові покриття. Для підводної частини суден та металевих доків, протекторний й катодний захист є ефективними засобами, що дозволяють у комбінації з існуючим покриттям значно збільшити міждоковий період експлуатації. Однак для захисту металокопункцій баластних відсіків від корозії застосовувані схеми є малоефективними. [1].

Актуальність досліджень. Забезпечення терміну експлуатації баластних систем знаходиться в прямій залежності від ефективності захисних покриттів, що уповільнюють швидкість корозії. [2] Таким чином розробка нових конструктивно-технологічних схем баластних систем для забезпечення їх терміну експлуатації, вимагає особливих та принципово нових підходів.

Постановка задачі. Задачею дослідження є розробка конструктивно-технологічних схем баластного відсіку плавучого дока, які дозволяють застосувати плаваючі інгібітори корозії, що наносяться «флотаційним» способом.

Результати досліджень. Рішення проблеми захисту металокопункцій баластних відсіків від корозії може бути досягнуте шляхом застосування плаваючих шарів водонерозчинних інгібіторів. Інгібітор осідає на стінках відсіків та проникає крізь продукти корозії до металу, витісняючи воду з його поверхонь і утворює захисну водовідштовхувальну плівку. Такий спосіб захисту різко скорочує працезатрати й надійно охороняє металеві поверхні від корозії. Інгібітори не висихають, не виділяють отруйних продуктів при проведенні зварювальних робіт, полегшують очищення внутрішніх поверхонь за рахунок розм'якшення наявних продуктів корозії [1].

Основною проблемою при застосуванні плаваючих інгібіторів, а також мастик, які наносяться «флотаційним» способом, є неприпустимість викиду розчинів за борт [3].

Баластний відсік повинен бути розділений на дві зони платформою з відсічним пристроєм:

- зона залізобетонних конструкцій відсіку;
- зона металокопункцій відсіку.

Обидві зони об'єднуються за допомогою відсічного пристрою. Перед завантаженням покриттів роблять очищення внутрішніх поверхонь цистерни чистого баласту від залишків баластної води, бруду і продуктів корозії, що обсіпалися. У наборі палуби безпеки необхідно передбачити голубниці, що виключають утворення повітряних мішків. Облаштування голубниць показано на рис. 1.

Ємність відсічного пристрою повинна забезпечити зберігання всього обсягу покриття, а також додатково 2-3 обсягу баласту. Схема відсічного пристрою показана на рис. 2 [1].

Клапан 5 служить для подачі покриттів у відсічний пристрій, а також для контролю залишку інгібітору. Клапан 4 призначений для попередньої подачі води у відсічний пристрій, а також для її видалення після нанесення покриттів і в зимову пору року, коли можливе обмерзання відсічного пристрою. Клапан 6 служить для контролю верхнього граничного рівня покриттів.

Для досягнення повного очищення від залишків покриття перед завантаженням покриття роблять очищення внутрішніх поверхонь цистерни чистого баласту від залишків баластної води, бруду і продуктів корозії, що обсіпалися. Перед подачею в цистерну необхідної кількості приготованого покриття, судну надають диферент в корму на 1-2° [4].

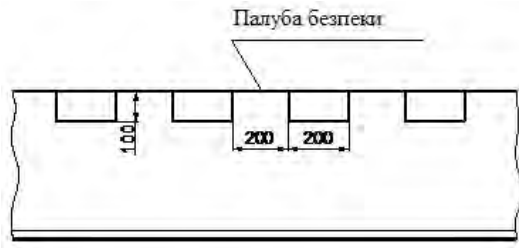


Рисунок 1. Облаштування голубниць в наборі під палубою безпеки

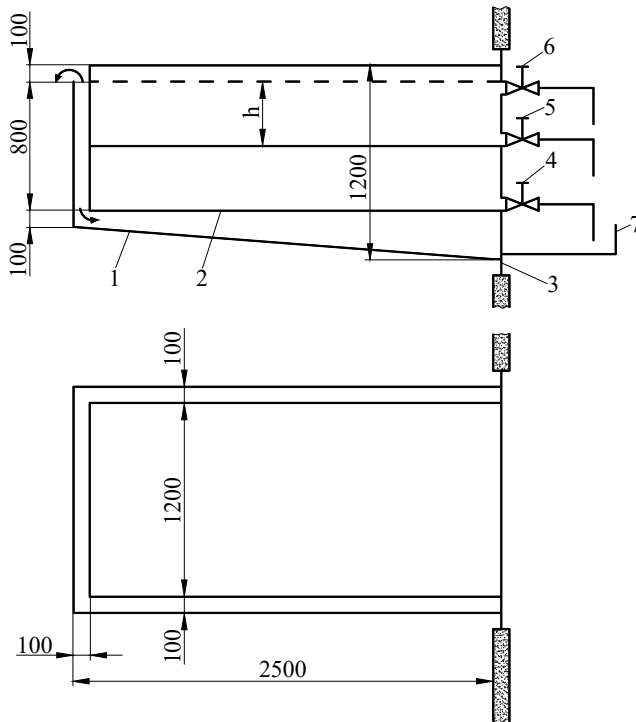


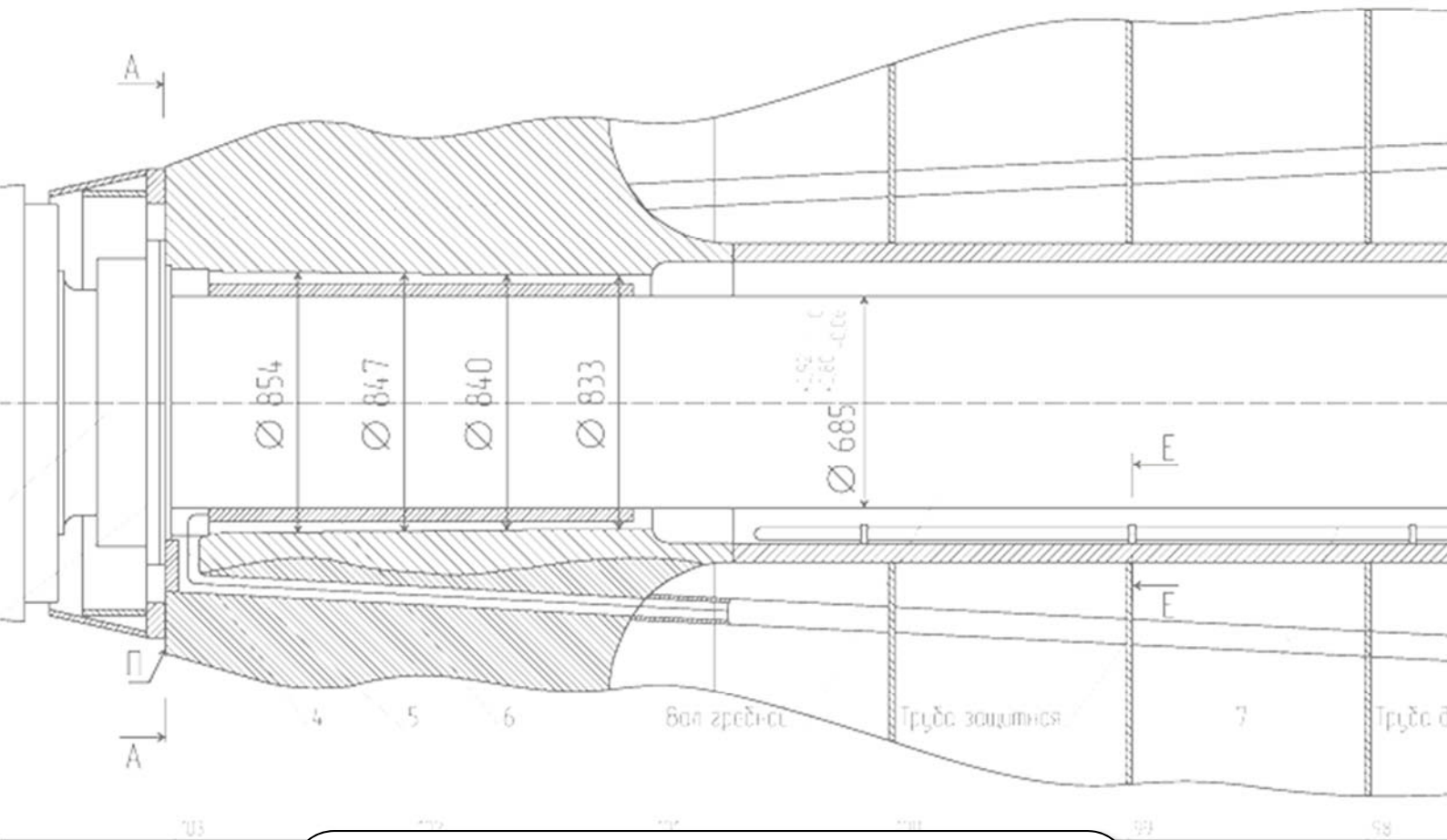
Рисунок 2. Відсічний пристрій [1]:
1 – піддон; 2 - ємність пристрою;
3 – заставний лист 1400×1400×20;
4 – клапан прохідний запірний Ду 50;
5 – клапан прохідний запірний Ду 40;
6 – клапан прохідний запірний Ду 40-
контрольний; 7 – піддон

Висновки. Розроблені нові конструктивно-технологічні схеми баластних систем для застосування плавучих інгібіторів «флотаційним» методом. Розроблено комплекс вимог до баластних систем, що дозволяють нанесення захисних покриттів методом «флотації».

ЛІТЕРАТУРА

1. Степанов Г.А. Обеспечение ремонтпригодности балластных отсеков композитных ремонтных плавучих доков [Текст] / Г.А. Степанов, А.Н. Узлов// Рибне Господарство України – 2011. Вип.1. – С.28-33.
2. Кириченко К. В. Анализ современного состояния коррозионной защиты цистерн чистого балласта транспортных, нефтеналивных судов и плавучих ремонтных доков / К.В. Кириченко // Материали 11-й Международной научно-технической конференции «Инновационные технологии на морском транспорте» Азербайджанской Государственной Морской Академии – 2016. – С. 33–38.
3. Выхристюк П.Н. Защита плавучего дока от коррозии плавающим слоем ингибитора СПЭЖ и смазками [Текст]/ П.Н. Выхристюк// Технология судостроения. – 1970. – Вып. 8. – 64 с.
4. Пат. на винахід а 2016 05 299 Україна, МПК В63В43/06. Танки ізольованого баласту наливних суден / Щедролюсєв О.В., Рашковський О.С., Узлов О.М., Кириченко К.В. (Україна); заявник та патентовласник Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова від. 16.05.2016.

Вид на ЛБ

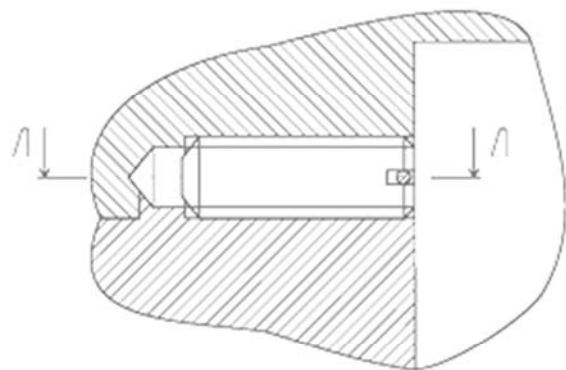
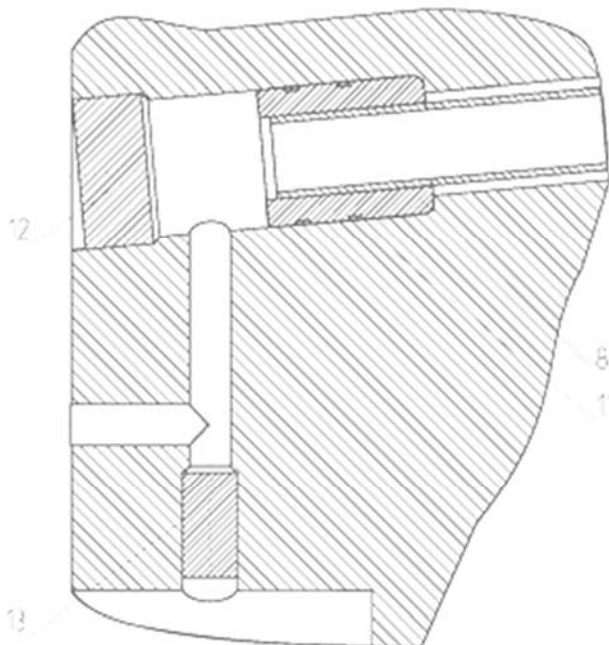


СЕКЦІЯ 5

НОВІ МАТЕРІАЛИ В СУДНОБУДУВАННІ І СУДНОРЕМОНТІ

Б-Б (1:2)

В-В (1:1)



ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ ЗДАТНОСТІ ПАР ТЕРТЯ СУДНОВИХ МАШИН ТА МЕХАНІЗМІВ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ ДИСКРЕТНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ ПОКРИТТІВ

Агеєв М.С.

Херсонська державна морська академія (Україна)

Постановка проблеми. В даний час розвиток суднових технічних засобів характеризується зростанням питомих навантажень, що передаються вузлам і деталям. При цьому судна морського транспорту переходять на систему технічного обслуговування і ремонту по їх фактичному стану. У зв'язку з цим виникає проблема підвищення експлуатаційної здатності пар тертя суднових машин і механізмів на стадії їх виготовлення або ремонту.

Аналіз основних досліджень і публікацій. Дискретні композиційні покриття (ДКП) являють собою зміцнені окремі дільниці, розташовані на робочих поверхнях з визначеною щільністю. ДКП збільшує зносостійкість поверхонь тертя, особливо при трибофактичних навантаженнях за рахунок ефективного використання явища структурно-енергетичної пристосованості матеріалів під час тертя, шляхом створення архітектури поверхні тертя, яка зберігає фрагменти руйнувань вторинних структур. Наявність в поверхневому шарі дискретних дільниць підвищеної твердості, оптимальної суцільності, геометрії і глибини впровадження в поверхню, вилучає концентрацію напружень від контактних навантажень і перериває процес утворення тріщини, пластичного деформування, а також знижує схильність до схоплення деталей, що суттєво підвищує міцність і експлуатаційну здатність пар тертя.

Мета роботи. Шляхом зміни суцільності і розмірів дискретних дільниць на поверхні основи, а також підбором гами матеріалів за фізико-механічними характеристиками, створювати умови регулювання температурного режиму, отримання найменшого коефіцієнту тертя і зносу, керувати і мінімізувати напружено - деформований стан поверхні.

Результати досліджень. Утворення окремих дільниць покриття з підвищеною адгезійною і когезійною стійкістю можна віднести до явища саморегулювання в неживій природі. Відмічене утворення регулярних «острівкових» дільниць на поверхні ковзання при терті Fe-Cr-сплаву призводить до зниження коефіцієнту тертя і зносу.

Показані переваги в експлуатації дискретних структур, що утворюються при різноманітних видах обробки деталей. Відмічено підвищення зносостійкості вуглецевої сталі за рахунок виникнення твердих дільниць на шліфованій поверхні [1].

Більш високою стійкістю до розтріскування і до ударних навантажень порівняно з керамічними і полімерними складними покриттями володіють лускаті покриття.

Для композиційних матеріалів і покриттів показано перевагу дискретного адгезійного зв'язку порівняно з неперервною. В'язкість руйнування багат шарових вуглепластиків може бути збільшена майже в 5 разів заміною суцільного адгезійного контакту на переривчасті міжшарові зв'язки.

Незважаючи на недостатнє вивчення явищ, що відбуваються на поверхні дискретної структури, і відсутність розрахункових методів її конструювання, практична перевага її в багатьох випадках очевидна. Емпірично - інтуїтивний підхід до створення поверхні дискретної структури в цілому приносить сприятливий ефект [2].

Враховуючи недоліки суцільних покриттів, що полягають в когезійному розтріскуванні і адгезійному відшаруванні, а також безперспективність підвищення їх експлуатаційних характеристик в напрямі збільшення адгезійної міцності є цілеспрямованим наносити покриття дискретної структури. Це дозволить досягти високої адгезійної і когезійної стійкості кожної дільниці покриття шляхом обмеження нормальних напружень в покритті і дотичних в площині адгезійного контакту покриття з основою. Розміри дискретних дільниць покриття з урахуванням співвідношення пружних властивостей і товщини

покриття і основи слід визначати їх залежність.

Для традиційних суцільних покриттів, як і для компактних матеріалів, в усіх випадках є результатом локального перенапруження одного або обох контактуючих тіл за рахунок нормального і дотичного навантаження. Дискретна структура покриття обмежує цю локальну перенапругу.

Переривчаста регулярна структура покриття може підвищити також термостійкість. В теорії і практиці захисних покриттів існує гостра необхідність підвищення термостійкості.

Таким чином підвищення термомеханічної стійкості покриття може бути досягнуто шляхом створення переривчастої структури при нанесенні будь-якими технологічними методами. Цей підхід реалізовано найбільш зручним для цієї цілі способом електроіскрового легування, у тому числі і для зміцнення алюмінієвих сплавів [2].

Висновки. При руйнуванні суцільних покриттів встановлена закономірність утворення на поверхні металу ділянок покриття – «островів» з винятково високою адгезійною і когезійною стійкістю. Найліпших ділянок пружного, крихкого покриття спостерігали при деформаціях металевої основи вище 10%.

Причиною аномально високої адгезійної і когезійної стійкості ділянок покриття є зниження їх напружено-деформованого стану. Когезійна стійкість пояснюється зниженням нормальних напружень в покритті за рахунок обмеження довжини ділянки, а адгезійна стійкість – вилученням піків дотичних напружень в площині адгезійного контакту «основа-покриття» за рахунок зміни форми ділянки.

Виведено аналітичні залежності для визначення розмірів одиничних ділянок захисного шару, обмежуючих рівень напружень в них з урахуванням співвідношення товщин і пружних властивостей основи і покриття.

Запропоновано коефіцієнт когезійної стійкості і розрахункові залежності для його визначення. Це дозволило сформулювати принцип підвищення адгезійної і когезійної стійкості покриття шляхом нанесення його у вигляді окремих ділянок, тобто заміною традиційного суцільного шару на покриття переривчастої, дискретної структури.

Дискретна структура володіє перевагою також і за характеристиками термостійкості. Запропоновані розрахункові залежності можуть бути протабульовані для практичного нанесення покриттів дискретної структури з підвищеною адгезійною і когезійною стійкістю.

ЛІТЕРАТУРА

1. Роман О.В. Новые функциональные материалы с дискретной структурой и физико-механическими свойствами, получаемые высокоэнергетическими методами / О.В. Роман, В.Г. Горобцев, В.С. Ивашко // Новые металлические материалы: Сб. науч.тр. – Киев: ИЭС им.Е.О.Патона, 1989. – С.48–57.

2. Верхотуров А.Д. Повышение износостойкости покрытий за счет формирования специального микрорельефа при электроискровом легировании / А.Д. Верхотуров, Ю.И. Мулин, В.Д. Власенко // ФиХОМ. – 2003, № 2. – С.70–75.

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

¹Акимов А.В., ²Яцюк В.Н., ³Ярема И.Т.

¹*Херсонская государственная морская академия (Украина)*

²*Тернопольский научно-исследовательский экспертно-криминалистический центр при УМВД Украины*

³*Тернопольский национальный технический университет имени Ивана Пулюя (Украина)*

Композитные материалы (КМ) на основе полимеров находят все большее применение в сферах, в которых раньше использовались исключительно металлы, что связано со стремлением к уменьшению веса конструкции. Это особенно важно для машино-, судостроения и энергетики, так как в этих отраслях необходимо обеспечение большего количества различных характеристик для различных деталей с очень сложными свойствами материала.

Интенсивное внедрение КМ при разработке конструкций требует построения расчетных моделей и методов, учитывающих особенности структуры и поведения этих материалов. К числу таких особенностей относятся их анизотропия, слоистый характер и сравнительно низкая прочность и жесткость в направлениях, не совпадающих с направлением армирования. Для решения всех этих задач можно применять программное обеспечение компании MSC Software. Это в первую очередь программный комплекс **MSC Nastran** – конечно-элементный решатель общего назначения, в котором реализованы специальные возможности по выполнению расчетов с учетом особенностей КМ (в том числе, с учетом числа слоев, их ориентации, толщины, характеристик материалов волокна и матрицы). Особенно эффективно эти возможности реализуются при использовании MSC Nastran в сочетании со специальным модулем программного комплекса Patran – **Patran Laminate Modeler**, обеспечивающим быструю подготовку высококачественных конечно-элементных моделей конструкций из КМ и эффективную обработку результатов. В Patran Laminate Modeler проводятся расчеты свойств конечных элементов, расположенных в различных областях модели с криволинейной поверхностью. В процессе укладки выкройки КМ на поверхность криволинейной формы происходит деформация материала с последующим отклонением волокон от начального направления. Это приводит к изменению свойств конструкции. Степень отклонения волокна зависит от степени кривизны поверхности, способа укладки материала на форму и свойств материала. С помощью Patran Laminate Modeler рассчитывается угол отклонения волокон от первоначального направления и с учетом этого угла выполняется корректировка свойств конечных элементов в каждой точке на поверхности формы. Patran Laminate Modeler обеспечивает выполнение экспорта муляжей, выкроек и моделей технологического оборудования (пресс-формы). Кроме этого проводится подготовка расчетной модели, визуализация результатов расчета и экспорт справочника по результатам моделирования (Ply Book).

Программный комплекс Marc позволяет проводить исследование не только традиционных слоистых композитов, но так же моделировать одномерные, двухмерные и трехмерные модели из КМ с учетом их существенно нелинейного поведения включая моделирование клеевого соединения, расслоения и разрушение конструкций из КМ. В Marc реализована технология виртуального закрытия трещины (VCCT) – которая позволяет моделировать развитие трещин в конструкциях, в том числе и поперек композиционных пакетов. В сочетании с глобальной перестройкой конечно-элементной сетки в процессе расчета эта технология позволяет с высокой степенью достоверности моделировать рост и развитие трещин. При необходимости, к этой технике, можно подключить автоматическую генерацию когезивных элементов для учета свойств клея.

Применение элементов из КМ требует корректного задания их жесткости и критериев

разрушения компонентов в статическом и динамическом случаях нагружения. Новым направлением является прогнозирование усталостных характеристик, так как актуальной задачей является возможность вычисления долговечности композитных деталей.

Все это является сложной задачей из-за необходимости учета влияния волокон, которые усиливают композит и являются причиной анизотропии свойств и их зависимости от условий технологического процесса. Кроме того, поведение материала будет нелинейным, зависимым от температуры и скорости деформации. Это относится к материалам на основе коротких, длинных и непрерывных армирующих волокон. Программным продуктом, недавно появившимся на рынке и предназначенным для этой цели, является **Digmat** – это набор инновационных, оптимизированных и эффективных инструментов для нелинейного многоуровневого моделирования материалов и конструкций, который обеспечивает получение тепловых, электрических, прочностных и теплопрочностных характеристик многофазных материалов. Кроме этого, возможно получение необходимых характеристик для проведения расчетов на разрушение, ползучесть и усталость. Возможен учет неоднородности характеристик КМ, связанный с технологическими процессами изготовления: литья под давлением, выкладки, прессовки.

Первый модуль, входящий в состав **Digmat** – это MF, который предназначен для прогнозирования нелинейного поведения многофазных материалов.

Digmat-MF основан на микромеханическом подходе для моделирования КМ – пользователь вводит характеристики материала каждой фазы, задает микроструктуру и нагрузки, приложенные к полученному многофазному материалу. Различные длины волокон могут быть смоделированы путем изменения соотношения длины к диаметру, от коротких волокон (например, от 1 до 20) до длинных (от 20 до 1000) и непрерывных (>1000). Ориентация волокон может быть фиксированной, случайной или описываться тензором, полученным из программного комплекса расчета литья под давлением или измеренным экспериментально. Материалы также можно задавать многослойными укладками, а волокна – как однонаправленные (монослой) или как тканые материалы (имеющие основу и уток), и кроме того, в матрице могут быть заданы пустоты.

Digmat-FE основан на конечно-элементном подходе при моделировании структуры композита и предназначен для создания представительного элемента объема (ПЭО) армированного пластика. ПЭО это минимальный объем материала, в котором содержится достаточное для статистического описания состояния тела число «носителей» рассматриваемых механизмов процесса. **Digmat-FE** хорошо дополняет **Digmat-MF** и является полностью с ним совместимым.

Digmat-CAE объединяет в единую цепочку конечно-элементные программные комплексы для моделирования литья под давлением и прочностного анализа. Модель для расчета на прочность задается обычным образом: на основе геометрической модели строится КЭ сетка, выбираются типы конечных элементов, нагрузки, граничные условия и т.п. А для задания свойств материала используется **Digmat**. В **Digmat** армированный материал задается путем определения характеристик составляющих фаз (т.е. фаз полимерной матрицы и армирующих фаз) и микроструктуры композита. Микроструктура характеризуется локальной ориентацией волокон. Эта ориентация определяется с помощью программных пакетов расчета литья под давлением с использованием собственной сетки. Такая сетка моделирует особенности технологического процесса и поэтому включает в себя не только модель детали или ее заготовки, но и прилегающие к ней протоки.

Таким образом, **Digmat** является мощным инструментом, который позволяет по-новому взглянуть на процесс разработки КМ. Применение это программного пакета в комплексе с другими продуктами корпорации MSC Software позволит создавать наиболее оптимальные конструкции, и, в конечном итоге, приведет к серьезной экономии сил и средств при разработке новых КМ и изделий из них.

ТЕПЛОСТІЙКІСТЬ ЗВ'ЯЗУВАЧІВ НА ОСНОВІ ЕПОКСИДНИХ ОЛІГОМЕРІВ ТА АРОМАТИЧНИХ АМІНІВ

Акімов О.В.

Херсонська державна морська академія (Україна)

Полімерні композиційні матеріали знаходять широке застосування в різних галузях техніки для отримання найрізноманітніших виробів. У зв'язку з цим до їх експлуатаційних властивостей ставлять високі вимоги, особливо за тепло- і термостійкістю. Епоксидні полімери є одними з оптимальних за більшістю притаманних їм технологічним і експлуатаційним властивостям. Вони мають поліпшені фізико-механічні властивості, низьку усадку при затвердінні. Однак, більшість епоксидних полімерів, що випускаються промисловістю, мають недостатньо високу теплостійкість. Тому розробка теплостійких епоксидних сполук є актуальним завданням сьогодення.

Нас сьогодні найбільш високі значення теплостійкості епоксидних композитів отримують на основі ароматичних амінів. Однак, переважна більшість ароматичних амінів є твердими кристалічними сполуками, погано розкладаються у епоксидних смолах, що виключає рівномірний розподіл, з'являються ділянки локального надлишку аміну в полімерній матриці. У процесі термообробки амін, що не прореагував, може окислюватися, виділяючи бульбашки повітря. Це в кінцевому випадку призводить до утворення концентраторів напружень, знижуючи міцність полімеру. Крім того, нерівномірний розподіл аміну не дозволяє керовано оптимізувати співвідношення реагентів, що, в свою чергу, знижує теплостійкість полімеру. Тому при створенні сполук на основі ароматичних амінів однією з проблем є підвищення їх розчинності в епоксидних олігомерах.

Раніше використовували твердники марки УП на основі розчинів ароматичних амінів в аліфатичних. Однак, введення аліфатичного аміну значно знижує теплостійкість полімеру. Одним з перспективних напрямків є використання в якості твердників евтектичних сумішей ароматичних амінів, проте робіт в цьому напрямку вкрай мало, і отримані результати з теплостійкості також незначні. Тому пошук евтектичних складів ароматичних амінів, що дозволяють отримувати полімери з високою теплостійкістю є актуальним.

Перспективним напрямком є розробка епоксидних зв'язувачів на основі сумішевих модифікованих епоксидіанових і епоксиноволачних смол та багатокомпонентних евтектичних систем ароматичних амінів.

На початку досліджень методом диференціальної скануючої калориметрії (ДСК) планується вивчити дво- і трикомпонентні суміші ароматичних амінів, таких як діфенілдіаміни і фенілендіаміни. В результаті ДСК можна визначити склади евтектичних сумішей шляхом аналізу подвійних і потрійних фазових діаграм.

Далі необхідно провести затвердження епоксидних систем, отриманими в результаті ДСК евтектичними сумішами. Прогнозовано, що отримані епоксидні системи будуть багатокомпонентними сумішами епоксидних олігомерів. Концентрації компонентів будуть підбиратися, виходячи з технологічних вимог і експлуатаційних характеристик (міцність, жорсткість, теплостійкість та ін.). Таким чином, можна буде підібрати склади, що містять аміни, які відзначаються найбільшою теплостійкістю, а також дослідити їх властивості методом динамічного механічного аналізу (ДМА).

У результаті планується встановити закономірності впливу компонентів на теплостійкість полімерів, що дозволить управляти складом сполук для різних способів отримання композитів. Кожна технологія характеризується досить жорсткими вимогами за реологічними характеристикам. Тому планується дослідження реологічних властивостей розроблених систем на ротаційному віскозиметрі.

ДОСЛІДЖЕННЯ УДАРНОЇ В'ЯЗКОСТІ ЕПОКСИКОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ

¹Браїло М.В., ¹Кобельник О.С., ¹Якущенко С.В., ²Bencheikh L., ³Яцюк В.М.

¹*Херсонська державна морська академія (Україна)*

²*Office de la Formation Professionnelle et de la Promotion du Travail (Morocco)*

³*Тернопільський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр УМВС України*

Постановка проблеми. Відомо, що сучасною промисловістю широко застосовуються полімерні композитні матеріали (КМ) у різних галузях. Проте, питання підвищення експлуатаційних характеристик і економічності матеріалів завжди є актуальним. Одним із методів поліпшення властивостей та зменшення собівартості КМ є додавання до їх складу часток наповнювачів різної природи та дисперсності, які легкодоступні та економічно вигідні для виробника.

Мета роботи – дослідити вплив дисперсних наповнювачів різної природи на ударну в'язкість епоксикомпозитних матеріалів.

Згідно результатів попередніх досліджень встановлено оптимальну концентрацію твердників ПЕПА (5 мас.ч.) і Telalit 410 (5 мас.ч.) у епоксидному олігомері СНS-Ероху 525 (100 мас.ч.) для формування КМ з поліпшеними когезійними властивостями. Також досліджено вплив наповнювачів різної природи і дисперсності на фізико-механічні властивості та теплостійкість (за Мартенсом) КМ. Проте, відомо, що важливою характеристикою матеріалів в умовах експлуатації при знакозмінних навантаженнях є показники їх ударної в'язкості. Тому нами було досліджено ударну в'язкість КМ за різного вмісту наповнювачів перліту і сірого шламу з дисперсністю 63...80 мкм та гранул поліаміду ($d = 3,2 \pm 0,1$ мм, $l = 3,5 \pm 0,1$ мм).

Встановлено, що при введенні у зв'язувач часток з дисперсністю 63...80 мкм показники ударної в'язкості КМ монотонно зростають до критичних значень наповнювача. Крім того, максимуми на кривих залежності ударної в'язкості КМ від вмісту часток з дисперсністю 63...80 мкм зміщені праворуч, порівняно з аналогічними піками залежності $a - q$ для часток з дисперсністю 5...10 мкм. Доведено, що при введенні у зв'язувач дрібнодисперсних (5...10 мкм) часток максимальні значення ударної в'язкості КМ спостерігали за критичного вмісту наповнювача $q = 10$ мас.ч. Водночас при введенні у зв'язувач часток з дисперсністю 63...80 мкм максимальні значення ударної в'язкості КМ спостерігали за критичного вмісту наповнювача $q = 30...50$ мас.ч. Виняток становлять лише КМ з частками графіту марки АГ-1500, ударна в'язкість якого збільшується до максимального можливого наповнення ($q = 80$ мас.ч.) при гідродинамічному суміщенні компонентів без застосування допоміжних засобів і становить $a = 4,4$ кДж/м². Це пояснюють тим, що питома площа поверхні наповнювачів при збільшенні розмірів часток зменшується. Відповідно, для поліпшення міжфазової взаємодії при зшиванні КМ необхідно збільшити критичний вміст часток. Отже, для поліпшення когезійної міцності КМ, а, отже, й підвищення показників їх ударної в'язкості необхідним є формування структури композитів із щільним розташуванням макромолекул. Цього досягають збільшенням вмісту наповнювачів у КМ до критичних значень.

Додатково встановлено, що найвищими показниками ударної в'язкості відзначається композит, наповнений частками перліту. Максимум на кривій залежності ударної в'язкості від кількості часток перліту (63...80 мкм) спостерігали за вмісту останніх – $q = 40$ мас.ч. У такому випадку формується матеріал із значеннями ударної в'язкості $a = 5,5$ кДж/м². Слід зазначити, що гідродинамічне розмішування композицій з частками перліту (63...80 мкм) без застосування допоміжного обладнання (аналогічно, як і сумішей з частками перліту з дисперсністю 5...10 мкм) можливе за максимального наповнення зв'язувача даними добавками за вмісту $q = 40...50$ мас.ч. Це зумовлено високою адсорбційною здатністю наповнювача щодо епоксидного олігомеру.

Максимальні значення ударної в'язкості КМ, наповненого частками сірого шламу, майже не відрізняються від показників КМ з перлітом і становлять $a = 5,2$ кДж/м² (за вмісту наповнювача $q = 40$ мас.ч.).

Додатково досліджували ударну в'язкість КМ, що містять гранули поліаміду. Встановлено несуттєве поліпшення показників міцності при ударі композитів з даними добавками. Максимум ударної в'язкості спостерігали для КМ, наповнених поламідом, за вмісту гранул $q = 30...40$ мас.ч. У цьому випадку показники зростають від $a = 1,8$ кДж/м² (для епоксидної матриці) до $a = 3,4$ кДж/м². Гранули такого наповнювача, порівняно з іншими досліджуваними у роботі частками, мають достатньо значний розмір. При структуроутворенні вони армують епоксидні композити і є бар'єром для поширення тріщин у матеріалах, що зумовлює, хоч і не суттєве, підвищення показників ударної в'язкості КМ. На наш погляд, це зумовлено тим, що при структуроутворенні композитів не відбувається міжфазової хімічної взаємодії (лише фізична) поліаміду з епоксидним олігомером. При цьому формуються матеріали з незначною ударною в'язкістю. Можливо, такі матеріали відзначатимуться підвищеними показниками зносостійкості, що буде досліджено у майбутньому і в рамках даної роботи не розглядається.

Для підтвердження наведених вище теоретичних положень і результатів експерименту надалі досліджували поверхню зламу композитів методом оптичної мікроскопії. Показано, що топологія поверхні композитів з частками перліту і сірого шламу має подібний і, водночас, в'язкий характер. Це свідчить про те, що такі матеріали відзначаються рівномірним розподілом наповнювача й, відповідно, структура таких КМ характеризується термодинамічною рівновагою. Слід зазначити, що показники ударної в'язкості матеріалів з частками перліту та сірого шламу (за вмісту $q = 40$ мас.ч.) практично не відрізняються (різниця становить $\Delta a = 0,3$ кДж/м²).

Поверхня зламу КМ з частками графіту АГ-1500 характеризується наявністю кратерів значної глибини та хаотичністю ліній сколювання. Це дозволяє стверджувати про активацію процесів полімеризації за наявності часток графіту, що поліпшує когезійну міцність матеріалів. Водночас матеріали характеризуються градієнтом напружень, що призводить до погіршення показників ударної в'язкості.

Результати аналізу поверхні зразків на основі епоксидної матриці і поліаміду дозволяють констатувати про те, що гранули є концентраторами напружень. Лінії сколювання мають направлений характер і беруть початок у міжфазовій області «наповнювач – епоксидна матриця». Тріщини мають глибокі, яскраво виражені лінії, що характерно для КМ зі значним напруженим станом. Відповідно, швидкість поширення тріщин у таких композитах при ударних навантаженнях є високою.

Висновки. На основі результатів експериментальних досліджень встановлено, що у композитах, при наповненні частками з розмірами 63...80 мкм за критичного вмісту, показники ударної в'язкості є достатньо великими ($a = 3,2...5,6$ кДж/м²). Проте, слід зазначити, що серед усіх досліджуваних у роботі матеріалів максимальними показниками ударної в'язкості відзначаються композити, які містять наповнювачі з дисперсністю 5...10 мкм. Це, у першу чергу, зумовлено тим, що такі частки при введенні у зв'язувач за критичного вмісту рівномірно розподіляються у об'ємі композиту. Відповідно, матеріали характеризуються поліпшеною когезійною міцністю, а, отже, й ударною в'язкістю.

МОДИФІКОВАНІ ПОЛІМЕРНІ КОМПОЗИТИ ДЛЯ РЕМОНТУ ДЕТАЛЕЙ СЕУ

¹Букетов А.В., ¹Сметанкін С.О., ¹Нігалатій В.Д., ²Яцюк В.М., ³Ярема І.Т.

¹*Херсонська державна морська академія, (Україна)*

²*Тернопільський науково-дослідний експертно-криміналістичний
центр УМВС України (Україна)*

³*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)*

Постановка проблеми. На сьогодні важливе місце займають нові методи використання та технології формування полімерних композитних матеріалів (КМ) з підвищеними експлуатаційними характеристиками. Серед широкого спектру полімерних КМ, які використовують у машинно- та суднобудуванні як покриття різного функціонального призначення слід виділити епоксидні композити. Одним із шляхів підвищення експлуатаційних характеристик епоксикомпозитів є модифікування матриці хімічними компонентами (модифікаторами, пластифікаторами), що дозволяє поліпшити як їх адгезійні, так і когезійні (фізико-механічні) властивості.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомо, що серед існуючих полімерів відзначаються поліпшеними властивостями у комплексі матеріали на основі епоксидного зв'язувача. За рахунок розповсюдженої сировинної бази і можливості багатотоннажного постачання перспективним є використання епоксидного зв'язувача ЕД-20. Для поліпшення властивостей таких матеріалів у олігомер ЕД-20 вводять як наповнювачі, так і модифікатори різної фізичної природи та дисперсності. У даному аспекті перспективним є використання синтезованого нами модифікатору – бензен-1,3-діаміну (БД). Виходячи з цього, актуальним є проведення досліджень впливу концентрації синтезованого модифікатора на структуру та фізико-механічні властивості епоксидної матриці.

Мета роботи – дослідити вплив модифікатора бензен-1,3-діаміну на фізико-механічні властивості епоксидної матриці.

Обговорення результатів дослідження. У роботі досліджено вплив модифікатора бензен-1,3-діаміну на структуру і фізико-механічні властивості епоксидної матриці для формування покриттів з підвищеними експлуатаційними характеристиками.

Модифікатор вводили у епоксидний зв'язувач за вмісту $q = 0,10 \dots 2,00$ мас.ч. Результати проведених досліджень наведено у таблиці 1.

Експериментально встановлено (табл. 1), що введення у епоксидний олігомер модифікатору за незначного вмісту $q = 0,10$ мас.ч. приводить до суттєвого збільшення модуля пружності до $E = 3,3$ ГПа. При подальшому введенні модифікатора у кількості $q = 0,25 \dots 0,50$ мас.ч. на кривій залежності модуля пружності при згинанні від вмісту добавки (табл. 1) спостерігали максимум, показник якого становить $E = 3,4$ ГПа. Вважали, що саме модифікатор приводить до активації процесів полімеризації внаслідок взаємодії функціональних груп з компонентами матриці. Надалі збільшення вмісту модифікатора до $q = 0,75 \dots 1,00$ мас.ч. призводить до монотонного зниження показників модуля пружності до $E = 3,0 \dots 3,3$ ГПа. Слід зазначити, що введення модифікатора у кількості $q = 1,25$ мас.ч. призводить до значного погіршення властивостей КМ, величина якого становить $E = 2,7$ ГПа. Подальше введення модифікатора у кількості $q = 1,50 \dots 1,75$ мас.ч. забезпечує підвищення показників модуля пружності при згинанні КМ до $E = 3,2$ ГПа, а другий максимум ($E = 3,5$ ГПа) спостерігали за вмісту модифікатора у кількості $q = 2,00$ мас.ч. Тобто, можна припустити, що перенасичення епоксидного олігомеру активними групами модифікатора бензен-1,3-діаміну також сприяє значній активації процесів структуроутворення модифікованої матриці.

Дослідження залежності руйнівних напружень при згинанні від вмісту модифікатора підтверджує результати експериментальних досліджень, наведених вище (табл. 1). При введенні модифікатора за вмісту $q = 0,10$ мас.ч. руйнівні напруження при згинанні суттєво

зростають від $\sigma_{32} = 48$ МПа (для епоксидної матриці) до $\sigma_{32} = 52$ МПа. Максимум ($\sigma_{32} = 58$ МПа) виявлено за вмісту часток $q = 0,25$ мас.ч. При подальшому введенні модифікатора у кількості $q = 0,50 \dots 1,00$ мас.ч. показники когезійної міцності суттєво знижуються, при цьому отримали значення $\sigma_{32} = 48 \dots 50$ МПа. Слід відмітити, що подальше введення модифікатора у кількості $q = 1,25 \dots 1,50$ мас.ч. знову приводить до підвищення результатів експерименту до $\sigma_{32} = 49 \dots 51$ МПа, однак дані показники є несуттєвими порівняно з максимумом (табл. 1). Надалі збільшення вмісту модифікатора до $q = 1,75 \dots 2,00$ мас.ч. призводить до значного погіршення когезійної міцності КМ. При цьому формуються матеріали, показники руйнівних напружень яких становлять $\sigma_{32} = 43 \dots 45$ МПа і є меншими за абсолютною величиною, порівняно з матрицею ($\sigma_{32} = 48$ МПа).

Таблиця 1. Фізико-механічні властивості композитів наповнених БД

Вміст БД, q , мас.ч	E , ГПа	σ_{32} , МПа	W , кДж/м ²
–	2,9	48	7,4
0,10	3,3	52	9,4
0,25	3,4	58	11,0
0,50	3,4	50	6,5
0,75	3,3	49	6,7
1,00	2,7	48	6,8
1,25	3,0	49	7,6
1,50	3,2	51	8,0
1,75	3,2	45	8,2
2,00	3,5	43	8,5

Не менш важливим, з практичної і теоретичної точки зору, є дослідження ударної в'язкості КМ. Встановлено (табл. 1), що введення у епоксидний олігомер модифікатора за незначного вмісту $q = 0,10$ мас.ч. призводить до значного підвищення показника ударної в'язкості від $W = 7,4$ кДж/м² (для епоксидної матриці) до $W = 9,4$ кДж/м². При подальшому введенні модифікатора бензен-1,3-діаміну у кількості $q = 0,25$ мас.ч. спостерігали максимум ($W = 11,0$ кДж/м²), що повністю корелює з результатами експериментальних даних, наведених вище. При збільшенні кількості модифікатора до $q = 0,50$ мас.ч. спостерігали значне погіршення результатів експерименту, позаяк сформований КМ відзначається показниками ударної в'язкості, яка становить $W = 6,5$ кДж/м² (табл. 1). Подальше збільшення вмісту модифікатора до $q = 0,75 \dots 2,00$ мас.ч. призводить до монотонного зростання показників в'язкості при ударі до $W = 6,7 \dots 8,5$ кДж/м². Отже, аналіз залежності ударної в'язкості від вмісту часток дозволяє констатувати про добру узгодженість результатів експериментальних досліджень когезійної міцності КМ (модуль пружності, руйнівні напруження при згинанні, ударна в'язкість), що свідчить про достовірність проведених випробувань.

Висновки. Доведено, що для формування матриці з поліпшеними фізико-механічними властивостями необхідно у епоксидний олігомер ЕД-20 (100 мас.ч.) вводити модифікатор бензен-1,3-діамін за вмісту $q = 0,25$ мас.ч. У такому випадку при полімеризації твердником ПЕПА (10 мас.ч.) формується матеріал з наступними властивостями: руйнівні напруження при згинанні – $\sigma_{32} = 58$ МПа, модуль пружності при згинанні – $E = 3,4$ ГПа, ударна в'язкість – $W = 11$ кДж/м².

ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЕЛЕКТРОПРОВІДНИХ ПОЛІМЕРКОМПОЗИТІВ

¹Гарматюк Р.Т., ¹Кальба Є.М., ¹Пашинський Л.М., ²Чихіра І.В.

¹*Кременецька обласна гуманітарно-педагогічна академія ім. Тараса Шевченка (Україна)*

²*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)*

Проблема підвищення експлуатаційної надійності і довговічності роботи деталей машин і обладнання, виготовлених з легких кольорових сплавів, що працюють в умовах одночасної дії корозії і гідроабразивного зношування, набувають все більшого значення для економії металів, енергоресурсів, ефективного використання сировини та техніки є актуальною задачею сучасного матеріалознавства.

Серед розроблених методів захисту деталей технологічного обладнання від зношення і корозії позитивного ефекту можна досягнути за рахунок нанесення гальванічних покриттів на основі хрому. Однак, їх формування на поверхні магнієвих сплавів внаслідок хімічної взаємодії компонентів погіршує фізико-механічні властивості системи «метал – покриття». У зв'язку з цим очевидною є потреба створення комплексного захисного покриття, у якому б проміжною ланкою був шар, що володіє високою адгезією до основи і має відповідні електрофізичні характеристики.

Актуальність вирішення цієї проблеми полягає у використанні електропровідних композиційних матеріалів і покриттів на основі епоксидних смол, наповнених діа-, пара- і феромагнітними нано- та дрібнодисперсними компонентами, які мають високу адгезію до металевої основи, технологічність при формуванні покриттів на деталі складної конфігурації, розвинуту сировинну базу.

Одним із ефективних шляхів вирішення даної проблеми є направлене регулювання процесів структуроутворення науково-обґрунтованим введенням полідисперсних наповнювачів хімічної різної природи, комплексної дії енергетичних полів та зміни за їх допомогою експлуатаційних характеристик деталей машин, виготовлених з легких кольорових сплавів, зокрема магнієвих та чорних металів, одержаних методом лиття.

У результаті проведених досліджень встановлено оптимальний з точки зору максимальних фізико-механічних характеристик та електропровідності вміст дисперсних наповнювачів (пластинчастого графіту (ПГ), технічного вуглецю (ТВ) та крокусу). Введення цих наповнювачів в оптимальних кількостях забезпечує підвищення руйнівного напруження розтягу та ударної в'язкості. Також встановлено, що за рахунок обробки полімерних композицій енергетичними полями збільшуються фізико-механічні характеристики та електропровідність. Слід відмітити, що отримані результати корелюють із даними реологічних досліджень, а це дозволяє рекомендувати пластинчастий графіт в якості основного наповнювача композиту. Оскільки при високому ступені наповнення утворюється система, яка має структуру щільно упакованого полідисперсного порошку, просоченого епоксидним в'язучим, то при такій структурі епоксидне в'язуче знаходиться в стані тонких граничних шарів, а фізико-механічні властивості матеріалу суттєво залежать від властивостей вибраного наповнювача, величини і площі міжфазної взаємодії. У випадку наповнення полімеру порошком ПГ і ТВ формується щільна й однорідна структура з мінімальною кількістю пустот, що підтверджується мікроскопічними дослідженнями.

На основі проведених досліджень розроблено склад і технологію нанесення електропровідного полімеркомпозиційного матеріалу, який пройшов виробничо-промислові випробування в якості ґрунтувального шару при нанесенні зносостійкого композиційного електролітичного покриття на деталі відцентрових насосів

Застосування розробленого композиту дозволяє збільшити міжремонтний період експлуатації в 1,5...2,5 рази, підвищити К.К.Д на 2,5...3,5%.

ОСОБЛИВОСТІ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ ПОЛІМЕРНИХ НАНОКОМПЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ПОЛІМЕТИЛМЕТАКРИЛАТУ

¹Дінжос Р.В., ²Фіалко Н.М., ¹Лисенков Е.А., ¹Махровський В.М.

¹Миколаївський національний університет ім. В.О.Сухомлинського (Україна)

²Інститут технічної теплофізики НАН України (Україна)

Представлені результати експериментальних і розрахункових досліджень теплопровідності поліметилметакрилату та композитів, які містять аеросил, вуглецеві нанотрубки, оксид заліза та дисперсні частинки алюмінію. Встановлено, що у досліджуваних системах спостерігається типовий перколяційний перехід. Показано, що за допомогою моделі Мак Лахлана можна точно прогнозувати значення коефіцієнта теплопровідності для полімерних композитів.

Відомо, що для більшості ПКМ в області концентрацій до критичної, майже не відбувається збільшення теплопровідності ($\lambda \approx \text{const}$), що є визначним при отриманні виробів теплоенергетичного комплексу. Однак для удосконалення технології створення ПКМ з покращеними властивостями необхідно розуміння фізичних механізмів теплопереносу в даних системах.

Для дослідження особливостей теплопровідності композитів використовували модельні системи на основі поліметилметакрилату, наповненого частинками різної природи та розміру.

Полімерна матриця. Як основу для створення полімерних композитних матеріалів було обрано поліметилметакрилат (ПММА) виробництва компанії Chi Mei Acrytex (Тайвань) (тип СМ-205, індекс течії розплаву ІТР = 1,8 г/10 хв).

Перколяційна модель Кіркпатріка описує неупорядковані системи наповнених полімерних композитів з випадковою *геометричною* структурою [1]. В основу перколяційної моделі для наповнених полімерів були покладені наступні припущення: наповнювачі у полімерному композиті розподіляються таким чином, що приводять до зміни геометричної структури *полімеру*; нелінійна зміна *теплопровідності* полімерних композитів (різкий стрибок) *відбувається* при певній критичній концентрації наповнювача, яка називається порогом перколяції; поріг перколяції і *теплопровідність* композитів пов'язані з розміром і формою частинок; у композиті може утворюватися повністю неперервна фаза із частинок наповнювача (перколяційний кластер). Згідно з теорією перколяції, яка розглядає випадковий розподіл теплопровідного компонента у непровідному середовищі, залежність коефіцієнта теплопровідності нанокompозиту (λ) від вмісту наповнювача можна описати, використовуючи наступні рівняння [2]:

$$\lambda_c = \begin{cases} \lambda_m (p - p_c)^k & \text{при } p > p_c \\ \lambda_f (p_c - p)^{-q} & \text{при } p < p_c \end{cases}, \quad (1)$$

де p – вміст теплопровідного наповнювача, p_c – критична концентрація частинок наповнювача (поріг перколяції), k і q – критичні індекси теплопровідності.

Для більш повного і коректного опису перколяційного переходу у нано-наповнених полімерних системах використовують рівняння МакЛахлана [3]:

$$(1 - p) \frac{\lambda_m^{1/q} - \lambda_c^{1/q}}{\lambda_m^{1/q} + A\lambda_c^{1/q}} + p \frac{\lambda_f^{1/k} - \lambda_c^{1/k}}{\lambda_f^{1/k} + A\lambda_c^{1/k}} = 0. \quad (2)$$

Це рівняння є феноменологічним співвідношенням між λ_f , λ_m та λ_c , які є теплопровідностями нанонаповнювача, полімерної матриці та нанокompозиту відповідно.

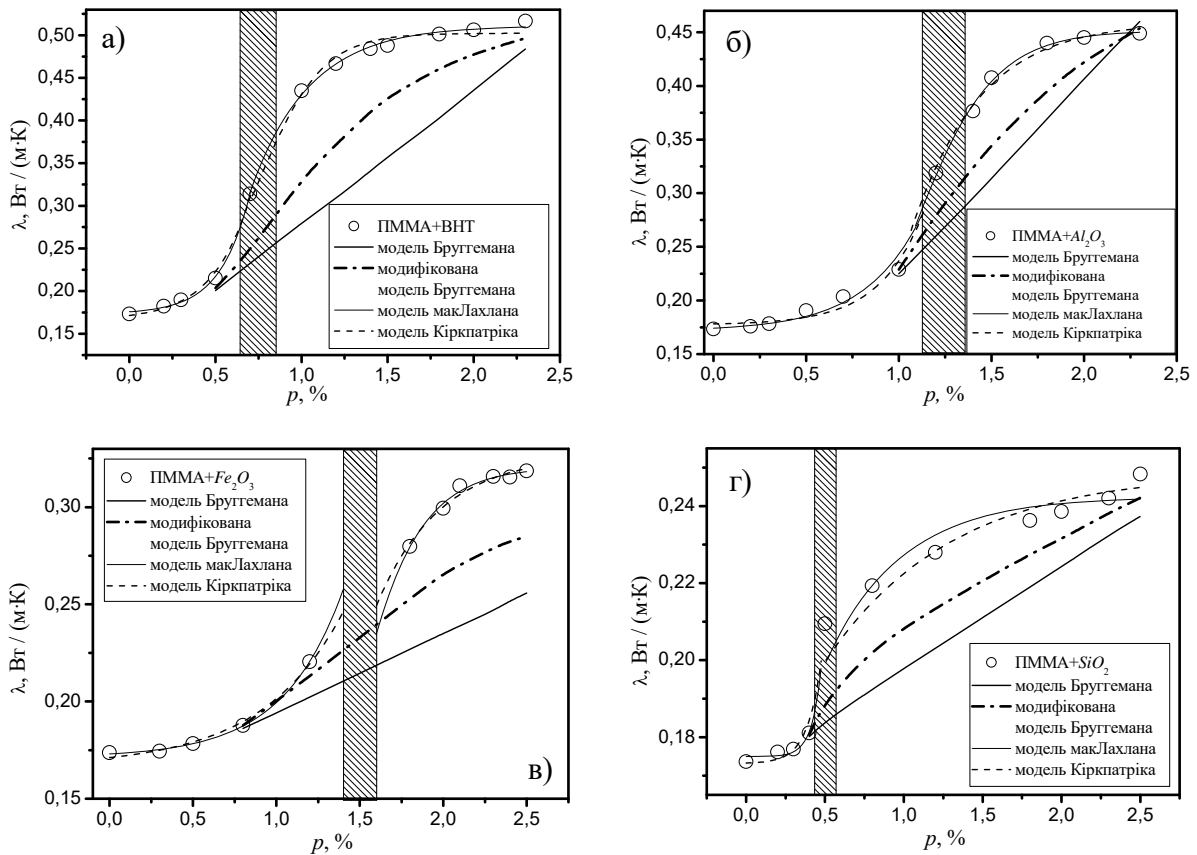


Рис. 1. Експериментальні залежності теплопровідності від вмісту наповнювача для композитів на основі ПММА, наповнених: а) ВНТ, б) Al_2O_3 , в) Fe_2O_3 , г) SiO_2 , промодельовані, використовуючи моделі (2), (3), (4) та (5). Штрихованою областю позначено область перколяційного переходу.

Висновки. 1. У результаті проведеної роботи вивчено вплив наповнювача різної геометрії та розмірів на теплопровідність полімерних композиційних матеріалів. Показано, що стрибкоподібна зміна теплопровідності спостерігається в концентраційному діапазоні 0,4...1,2 % і пов'язана з явищем перколяції. Встановлено, що значення порогу перколяції для систем на основі поліметилметакрилату лежать в межах від 0,5 до 1,5 %.

2. Проведений теоретичний аналіз механізмів теплопровідності систем на основі поліметилметакрилату. Аналіз теоретичних моделей показав, що модель МакЛаклана краще описує експериментальні дані, ніж модель Кіркпатріка, та за її допомогою можна з досить високою точністю спрогнозувати значення коефіцієнта теплопровідності для полімерних композитних матеріалів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Kirkpatrick, S. Percolation and conduction [Text] / S. Kirkpatrick // Reviews of Modern Physics. – 1973. – Vol. 45, № 4. – P. 574–588.
2. Stauffer, D. Introduction to percolation theory [Text] / D. Stauffer, A. Aharony. – London : Taylor and Francis, 1994. – 318 p.
3. The correct modelling of the second order terms of the complex AC conductivity results for continuum percolation media, using a single phenomenological equation [Text] / D. S. Mc Lachlan, C. Chiteme, W. D. Heiss, J. Wu. // Physica B : Condensed Matter. – 2003. – Vol. 338, Issue 1–4. – P. 256–260.

ДВОСТАДІЙНИЙ МЕТОД СИНТЕЗУ СТИРЕНОВИХ ТА ЦИКЛОПЕНТАДІЄНОВИХ (КО)ОЛІГОМЕРІВ

Дзіняк Б.О., Субтельний Р.О., Оробчук О.М., Фуч У.В., Цяпа М.В.
Національний університет «Львівська політехніка» (Україна)

На підприємствах нафтопереробного комплексу з рідких побічних продуктів, виділених на стадії фракціонування, одержують технічний вуглець. Альтернативним методом глибшого перероблення вуглеводневої сировини є створення додаткових стадій коолігомеризації вуглеводневих фракцій (зокрема фракції С₉) з високим вмістом реакційноздатних ненасичених вуглеводнів дозволяє компенсувати потреби у коолігомерах лакофарбової, гумотехнічної та інших галузей, що імпортуються в Україну з-за кордону.

Розроблено низькотемпературну технологію одержання коолігомерів, що передбачає проведення коолігомеризації реакційноздатних мономерів фракції С₉ у водному середовищі з використанням емульгаторів, що дозволяє знизити енергозатратність процесу.

Оскільки, основні реакційноздатні вуглеводні фракції (стирен, етилбензен, ДЦПД, інден, вінілтолуен, α-метилстирен та ін.) відрізняються фізико-хімічними характеристиками, то в основу технології емульсійної коолігомеризації закладено принцип вибіркової реакційної здатності окремих компонентів (стирен і його гомологи) суміші при умовах проведення процесу.

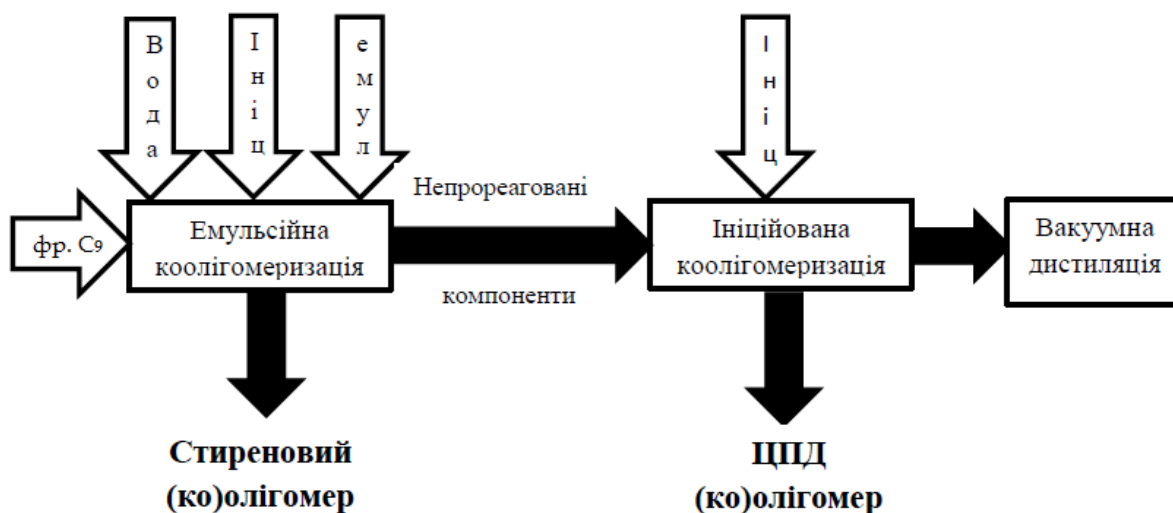


Рисунок 1. Схема двостадійного процесу коолігомеризації з одержанням стиренового та ЦПД (ко)олігомерів

Разом з тим, вихід коолігомеру в межах 20,0 % мас. не дає змоги досягти максимально можливого перетворення реакційноздатних ненасичених вуглеводнів фракції С₉. В суміші, що залишилася після осадження коолігомеру і дистиляції осаджувача, згідно даних хроматографічного аналізу, присутні висококиплячі реакційноздатні дициклопентадієн, інден, залишковий стирен і його похідні. Тому, пропонується проводити ініційовану коолігомеризацію суміші вуглеводнів, що залишилася після відділення коолігомеру і дистиляції осаджувача з високим вмістом дициклопентадієну (аналог промислового процесу), з подальшим одержанням коолігомерів з вищими показниками колірності.

Таким чином, при оптимальних умовах емульсійної коолігомеризації ненасичених вуглеводнів фракції С₉ (співвідношення компонентів [фракція С₉] : [вода] = [1:2]; концентрація водорозчинного ініціатора (калію персульфат) – 1,0 % мас. (відносно дисперсійного середовища) і емульгатора Е-30 – 0,7 % мас. (відносно дисперсійного середовища); температура проведення процесу – 323 К; тривалість реакції – 180 хв,

швидкість перемішування – 1600 об/хв.) одержано стренові коолігомери з низьким показником кольору 20...30 мг I₂/100 см³, ненасиченістю в межах 30,0 г Br₂/100 г, молекулярною масою 500...600, повністю розчинні в уайт-спіриті, які відповідають вимогам ТУ У 6-05743160.020-99 та можуть використовуватися як замітники олії у лакофарбових композиціях.

Отже, проведення коолігомеризації в емульсії дає можливість одержати коолігомери з низькою колірністю, знизивши температуру процесу і зменшивши тривалість коолігомеризації порівняно з ініційованою коолігомеризацією в розчині (промислово впроваджена). На протипагу промислового способу відділення коолігомерів від непрореагованих вуглеводнів (дистиляція) пропонується здійснювати осадження коолігомеру з коолігомеризату етанолом з подальшою відгонкою останнього. В результаті знижуються енергозатрати на виділення цільового продукту.

Ініційованою коолігомеризацією непрореагованих вуглеводнів емульсійного процесу при температурі 453 К, впродовж 6 годин одержують коолігомери з виходом 23,9...26,0 % мас. За своїми фізико-хімічними показниками одержані коолігомери відзначаються нижчим значенням бромного числа (20,4...23,4 г Br₂/100 г), вищою температурою розм'якшення і молекулярною масою, а також значно вищим показником кольору (80 мг I₂/100 мл). Таким чином, сумарний вихід продукту в дві стадії становить 39,7...41,1 % мас.

На основі даних спектроскопічних аналізів зразків коолігомерів та хроматографічних аналізів фракції С₉ та дистилятів встановлено, що коолігомери, одержані дисперсійною коолігомеризацією, містять у своєму складі, в основному, стирен-вінілтолуенові ланки. При коолігомеризації непрореагованих вуглеводнів отримують коолігомери з високим вмістом циклопентадієнових ланок, а також невеликої частки ланок стирену і вінілтолуену.

Коолігомери, одержані низькотемпературною емульсійною коолігомеризацією можуть використовуватися як замітник рослинних олій, у виробництві лаків, емалей, нафтополімерних оліф алкідного типу, що дозволяє зекономити значні природні ресурси. Враховуючи здатність коолігомерів до утворення плівки за рахунок фізичної міжмолекулярної взаємодії, необхідно їх застосовувати у поєднанні з хімічними затверджувачами чи плівкоутворювачами. Композиції коолігомерів з епоксидними смолами використовують для захисту металічних поверхонь від корозії. Перспективною є область використання коолігомерів у виробництві нафтополімерних лаків. Ці лаки одержують шляхом створення композицій розчинів коолігомерів в органічних розчинниках з різними модифікуючими добавками. Даний продукт може замінити масляно-смоляні лаки, перевершуючи за стійкістю до дії миючих засобів і різних реагентів.

ЦПД-коолігомери – ефективні, доступні і практичні модифікатори бітумів. Гідрофільні сульфопохідні коолігомерів на основі фракції С₉ можуть бути використані в якості пластифікуючих добавок до цементно-піщаних сумішей. Коолігомери, синтезовані на основі вуглеводневої фракції С₉, можуть виконувати роль пом'якшувачів, модифікаторів чи заміників кумаронових смол у виробництві гуми.

Отже, реалізація двостадійної технології коолігомеризації ненасичених вуглеводнів фракції С₉ дає можливість одержати дві марки коолігомеру, що відрізняються своїми фізико-хімічними характеристиками та, відповідно, галузями застосування.

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ПОШИРЕННЯ МІЖФАЗНОЇ ВЗАЄМОДІЇ У КОМПОЗИТАХ РІВНЯННЯМИ В ЧАСТИННИХ ПОХІДНИХ

¹Добротвор І.Г., ²Стухляк Д.П.

¹*Тернопільський національний економічний університет (Україна)*

²*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)*

Важливою проблемою ряду технічних задач є питання коливності розв'язків рівнянь, що описують модель. Це питання пов'язане, як правило із вивченням проблеми розв'язуваності крайових задач. Особливо природною постановкою є крайові задачі для диференціальних рівнянь другого порядку, оскільки перетворення в нуль їх розв'язків вказує на можливість розв'язуваності відповідної задачі. Це дозволяє узагальнити поняття коливності на системи диференціальних рівнянь або на рівняння з частинними похідними із змінними, що належать областям просторів постійної кривини. При цьому для звичайних диференціальних рівнянь використовується означення коливності розв'язку на нескінченному інтервалі: коливними розуміють розв'язки із нескінченною кількістю нулів і неколивними у протилежному випадку [1, 2].

Мета роботи – створити моделі вимірювання і аналізу протяжності та швидкості поширення мікроструктур у процесі тверднення композитів з дисперсними наповнювачами різної фізичної природи.

Досліджували композити на основі епоксидного олігомеру марки ЕД-20 (ГОСТ 10587-84). Як твердник використовували поліетиленполіамін (ТУ 6-05-241-202-78). Як наповнювачі при формуванні композитних матеріалів (КМ) використано порошки електрокорунду, фериту марки 1500 НМЗ, карбїду кремнію та карбїду бору з дисперсністю 63 мкм, які вводили при вмісті 20 мас.ч. на 100 мас.ч. в'язі. Фотографування зразків у вигляді тонких плівок з товщиною $h = 120 \pm 5$ мкм проводили за методикою, описаною у праці [1].

Вимірювання протяжності поширення зовнішніх поверхневих шарів (ЗПШ), які є оцінкою зони внутрішньої взаємодії у епоксикомпозитах, проводили у радіальних напрямках, що проходять через центр мас дисперсних часток наповнювача. Отримані дискретні значення апроксимували з допомогою програми MathCAD кубічними сплайнами. Графіки залежностей швидкостей поширення ЗПШ від часу зшивання КМ (рис. 1) показують, що поширення мікроструктур ЗПШ відбувається не рівномірно і не рівносповільнено, а являє собою комбінацію асимптотично спадного інерційного та затухаючого коливних процесів.

Динамічні процеси формування мікроструктур в ході фізико-хімічних змін у полімерах та динаміка процесів зшивання епоксипластів, зокрема поширення зовнішніх поверхневих шарів дисперсного чи волокнистого наповнювачів КМ може бути змодельована рівняннями, змінні яких міняються в просторах постійної кривини. За звичай під ними розуміють простори з евклідовою геометрією, проте існують і інші простори з кривиною відмінною від нуля і постійною для всіх точок простору, геометрії називають гіперболічними і сферичними. Такі геометрії реалізуються на добре відомих поверхнях евклідового простору. У випадку гіперболічної геометрії – це псевдосфери, а у випадку сферичної геометрії – звичайні сфери.

Такий підхід надає можливість встановити аналітичну залежність між стохастичними характеристиками зміни ресурсів елементарних комірок плівок композитних матеріалів в процесі структуроутворення і параметрами росту мікроструктур зовнішніх поверхневих шарів.

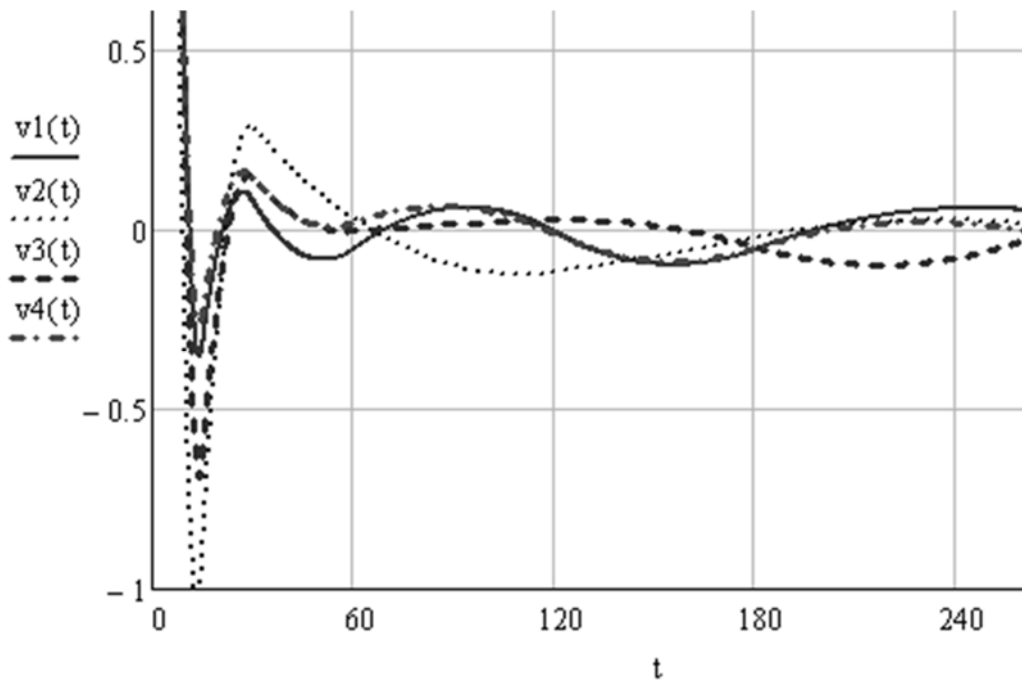


Рисунок 1. Графіки апроксимацій швидкостей поширення зовнішніх поверхневих шарів епоксикомпозитів з дисперсними наповнювачами: $v_1(t)$ – карбід кремнію; $v_2(t)$ – ферит; $v_3(t)$ – електрокорунд; $v_4(t)$ – карбід бору.

Розв’язок $u(X)$ рівняння (1) описує середню швидкість поширення ЗПШ відносно центру дисперсної частки наповнювача.

$$\Delta u + f(X, u, u'_x) = 0, \quad (1)$$

де $\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2}{\partial x_2^2}$ – оператор Лапласа по змінних, що визначають просторові координати

тонких плівок КМ, f – складова, що характеризує внутрішні напруження матеріалу, які залежать як від координат точки оцінки, так і від миттєвої швидкості поширення фронту ЗПШ.

Висновки. Розв’язки (1), як швидкості поширення ЗПШ у КМ є індивідуальними для кожного із дисперсних наповнювачів, що відрізняються один від одного як фізичними так і геометричними характеристиками часток і таким чином визначаються початковими умовами експерименту та ідентифікують вид КМ.

Подальші дослідження характеристик поширення зовнішніх поверхневих шарів зерен дисперсного наповнювача плануються в напрямку розвитку якісної теорії інтегро-диференціальних та диференціальних рівнянь, що описують поширення і стабільність структуроутворень в просторі, а також асимптотику розв’язків таких рівнянь.

ЛІТЕРАТУРА

1. Стухляк П.Д., Добротвор І.Г., Золотий Р.З., Букетов А.В. Дослідження впливу природи наповнювачів і товщини покриттів на зміну градієнта кольорів та внутрішні напруження в епоксикомпозитах // Вісник КНУДТ. – №5, 2006. – С. 82-87.
2. Kusano, Takaši, Ogata, Akio, Usami, Hiroyuki. On the oscillation of solutions of second order quasilinear ordinary differential equations // Hiroshima Mathematical Journal. - №3, 1993. – P. 645-667.

ВПЛИВ КОМБІНОВАНОГО ДЕФОРМУВАННЯ НА СУБСТРУКТУРУ ТА ТВЕРДІСТЬ ЗАЛІЗА ТА ВУГЛЕЦЕВИХ СТАЛЕЙ

Дубовий О.М., Макруха Т.О.

Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова (Україна)

В останні роки досягнуто значних успіхів у дослідженні та застосуванні процесів наноструктурування матеріалів методами ПД [1]. Але вони характеризуються високою вартістю, трудомісткістю та складністю обладнання. Одним із напрямків вирішення цієї проблеми є застосування деформаційної та термічної обробки, що включає комбіновану деформацію металу або сплаву з наступною передрекристалізаційною термічною обробкою. Тому метою роботи є дослідження впливу комбінованого деформування з наступною передрекристалізаційною термічною обробкою на субструктуру та твердість технічно чистого заліза та вуглецевих сталей.

В дослідженнях використовували технічно чисте залізо марки Э12, сталь 20 та сталь 45 після відпалу при температурі 800 °С протягом 1 години. Відпалені зразки розміром 6×6×8 мм піддавали холодній динамічній деформації. Після чого проводили статичну деформацію за допомогою гідравлічного пресу з навантаженням 20 т. Термічну обробку зразків здійснювали в лабораторній електричній печі СНОЛ-1.6.2.0.08/9-М1. Твердість HV_5 визначали на приладі типу «Віккерс» при навантаженні на індентор 5 кг (ДСТУ ISO 6507-4:2008). Твердість зразків після відпалу складала: технічно чистого заліза – 1,11 ГПа, сталі 20 – 1,45 ГПа, сталі 45 – 1,70 ГПа.

Спочатку проводили холодну динамічну деформації на 30 %, потім – статичну деформацію на 30 %. Сумарна величина комбінованої деформації склала 60 %. Значення твердості зразків після комбінованої деформації: технічно чистого заліза – 1,65 ГПа, сталі 20 – 1,97 ГПа, сталі 45 – 2,24 ГПа.

Отримані зразки нагрівали у печі до температури початку первинної рекристалізації матеріалу (500 °С) так, як у роботі [2]. Результати дослідження впливу тривалості витримки наведено на рисунку 1.

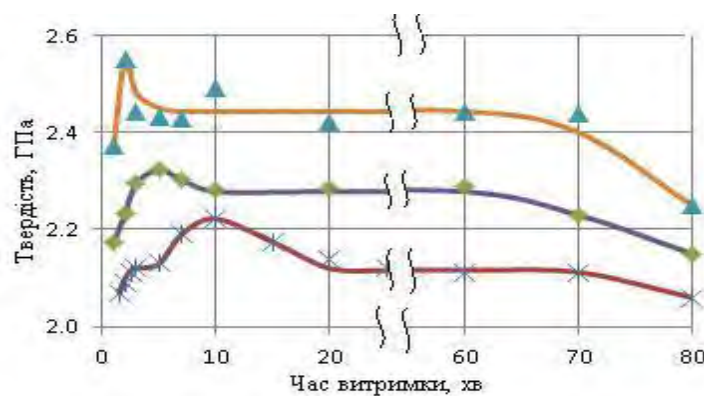


Рисунок 1. Залежність твердості технічно чистого заліза, сталі 20 та сталі 45 від тривалості витримки передрекристалізаційної термічної обробки:

✱ - технічно чисте залізо; ◆ - сталь 20; ▲ - сталь 45

З рисунку 1 видно, що збільшення концентрації вуглецю сприяє підвищенню твердості. Чим більше вуглецю, тим більше в сталі твердого цементиту, що і обумовлює ріст твердості. Тривалість витримки для отримання максимальних показників твердості скорочується. Також, що підвищення термічної стабільності полігонізаційної субструктури технічно чистого заліза, сталі 20 та сталі 45 можливе комбінуванням динамічної і статичної

деформації на 60 % та наступній передрекристалізаційній термічній обробці відповідно до 20...70 хв, до 10...60 хв, до 5...60 хв.

Далі аналізували зміну величини субструктурних елементів у технічно чистому залізі та вуглецевих сталях за оцінкою розмірів областей когерентного розсіювання (ОКР), які визначали на рентгенівському дифрактометрі ДРОН-3 у випромінюванні міді $Mo_{K\alpha}$ ($\lambda=0,071069$ нм). Оскільки ОКР відповідає внутрішній впорядкованій області субзерна і не включає сильно спотворені границі, розмір ОКР ототожнюють із середнім розміром субзерен. Результати досліджень наведені у таблиці 1.

Таблиця 1. Вплив комбінованого деформування на ОКР після передрекристалізаційної термічної обробки технічно чистого заліза та вуглецевих сталей

Матеріал	Тривалість витримки, хв	Твердість, ГПа	Розмір ОКР, нм
Технічно чисте залізо	–	1,65	186
	10	2,22	125
	60	2,11	175
Сталь 20	–	1,96	143
	5	2,32	119
	60	2,29	187
Сталь 45	–	2,23	110
	2	2,55	80
	60	2,44	179

Із таблиці 1 випливає, що розмір ОКР технічно чистого заліза, сталі 20 та сталі 45 після передрекристалізаційної термічної обробки, яка забезпечує максимальну твердість, зменшується порівняно зі станом після деформації, але залишається у наномасштабному розмірі. Звідси випливає, що комбіноване деформування з наступною передрекристалізаційною термічною обробкою забезпечують здібнення субструктури. Це забезпечує прояв «розмірного ефекту», зокрема підвищення твердості.

Висновок. Встановлено, що підвищення термічної стабільності полігонізаційної субструктури технічно чистого заліза, сталі 20 та сталі 45 можливе комбінуванням динамічної і статичної деформації сумарно на 60 % та наступній передрекристалізаційній термічній обробці відповідно до 20...70 хв, 10...60 хв, 5...60 хв, при цьому твердість дещо зменшується, але залишається вищою у порівнянні зі станом після деформації. Доведено, що підвищення твердості порівняно з комбіновано деформованим станом при тривалій витримці, забезпечує здібнена субструктури, розмір ОКР якої становить менше 187 нм.

ЛІТЕРАТУРА

1. Юркова А. И. Механические свойства наноструктурного железа, полученного интенсивной пластической деформацией трением / А.И. Юркова, А.В. Белоцкий, А.В. Бякова, Ю.В. Мильман // Наносистемы, наноматериали, нанотехнології. – 2009. – т. 7, № 2. – с. 619-632.
2. Пат. 95378 Україна МПК (2009) С21D8/00, С22F 1/00. Спосіб деформаційно-термічної обробки металів та сплавів [Текст] / О.М. Дубовий, Т.А. Янковець, Н.Ю. Лебедева, Ю.О. Казимиренко, О. О. Жданов, М. М. Бобров; заявник и патентовласник Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова. – № а 201120102248, заявл. 01.03.2010; опубл. 25.07.2011, бюл. № 14. – 6 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПЛАЗМЕННО-НАПЫЛЕННЫХ ПОКРЫТИЙ ПО КРИТЕРИЯМ ПРОЧНОСТИ

¹Заичко К.В., ¹Долгов Н.А., ²Смирнов И.В., ³Бесов А.В.

¹Институт проблем прочности имени Г.С. Писаренко НАН Украины (Украина)

²Национальный технический университет Украины «КПИ» (Украина)

³Институт проблем материаловедения им. И.Н. Францевича НАН Украины (Украина)

Выбор материала порошка для плазменного напыления износостойкого покрытия играет важную роль для конструкторов и технологов на этапах проектирования, производства и эксплуатации покрытий. Применение методов оптимизации дает возможность использовать наиболее лучший порошок для напыления. Проведены исследования нескольких порошков, которые могут быть использованы для плазменного напыления износостойких покрытий.



Рисунок 1. Процедура анализа покрытий

В качестве объекта исследования были выбраны покрытия из порошков, в состав которых входит оксид алюминия. При получении порошков использовали плакирование частиц алюминия металлическими PVD тонкими пленками. Также использовали порошки из самофлюсующего сплава, в который добавляли нанодисперсный оксид алюминия. Покрытия из самофлюсующихся сплавов подвергали термической обработке после напыления.

Целью работы было определить вариант оптимального состава порошка для плазменного напыления износостойкого покрытия на основе значений следующих показателей:

- 1) износостойкость (относительная);
- 2) прочность сцепления, МПа;
- 3) остаточные напряжения, МПа;
- 4) микротвердость, ГПа.

Анализ покрытий был проведен по следующей схеме (см. рисунок 1). Прочность сцепления определяли методом нормального отрыва в соответствии с ГОСТ 9.304-87. Микротвердость измеряли вдавливанием алмазной пирамиды Виккерса при нагружении 0,98 Н на приборе ПМТ-3. Процесс изнашивания исследовали в условиях сухого трения на машине СМЦ-2 по схеме ролик (контртело: закаленная сталь У8) – плоский образец с покрытием. Скорость оборота ролика с усилием 55 Н составляла 330 мин⁻¹. При

определении относительной износостойкости покрытий из плакированных порошков за эталонное принимали покрытие из чистого оксида алюминия, а для покрытий модифицированных нанопорошком оксида алюминия эталоном был материал основы.

На основе методов оптимизации сделан вывод, что покрытия, полученные с использованием плакированных порошков обладают наилучшими свойствами по сравнению с другими исследованными покрытиями.

ДИФУЗІЙНІ ПАРАМЕТРИ ВОДНЮ У НІОБІЇ

Замора Я.П.

Тернопільський національний педагогічний університет ім. В.Гнатюка (Україна)

Метали V групи (V, Nb, Ta) та сплави на їх основі широко застосовують в сучасній техніці. Зокрема, для виготовлення деяких елементів та вузлів атомних і термоядерних реакторів, при розробці та створенні нових матеріалів для зберігання і транспортування водню, його очистки, розділення ізотопів і т.п. При цьому важливого значення набуває вивчення закономірностей зміни дифузійних параметрів водню (розчинності, проникливості та коефіцієнту дифузії) залежно від температури, способу наводнювання та умов хіміко-термічної обробки. Основними стадіями взаємодії водню з металами є [1]:

- дифузія молекул газу до поверхні металу;
- адсорбція на металевій поверхні і дисоціація з наступною хемосорбцією;
- перехід атомів з хемосорбованого шару в кристалічну ґратку;
- дифузія атомів у кристалічній ґратці;
- виділення з металу та молізація газу.

Залежно від фазово-структурного стану матеріалу та впливу зовнішніх факторів визначальною з цих стадій є найповільніша. Рівняння дифузії водню в металевих системах мають вигляд [1]: $P = P_0 \cdot \exp(E_p/RT)$, $D = D_0 \cdot \exp(E_D/RT)$ та $S = S_0 \cdot \exp(H_s/RT)$, P – воднева проникливість, 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 наших дослідженнях вимірювали P і D , а параметри розчинності визначали за співвідношеннями $S_0 = P_0 / D_0$, $H_s = E_p - E_D$. Концентрацію газу в металі можна розрахувати за законом Сівертса $C = S \cdot p_{H_2}^{1/2}$, де p_{H_2} – тиск водню у газовій фазі. У сучасній енергетиці виробі з конструкційних матеріалів на основі металів V групи експлуатуються, в основному, за постійного тиску водню – змінюється лише температурний інтервал їх застосування. Тому всі дослідження і розрахунки за наводнювання з газової фази проведені за тиску водню 0,1 МПа. Температурний інтервал досліджень 600...1000 °С.

Найважливішою характеристикою для практичного застосування таких матеріалів є їх воднева проникливість P , визначаючи яку встановлюють екологічно безпечний рівень втрат водню та його ізотопів через стінки виробів у навколишнє середовище [1]. Оскільки метали V групи при взаємодії з воднем гідридно окричуються, то безпосередні вимірювання P методом проникання крізь металеву мембрану з ніобію (рис.1) можна проводити лише вище 950 °С [2]. Тут кінетика зміни потоку водню виходить на стаціонарну залежність (крива 1), що відповідає існуванню в металі лише α -твердого розчину водню. За зниження температури проведення експерименту кількість проникаючого водню після виходу кривих 2 і 3 на максимум різко зменшується, що вказує на початок взаємодії атомів водню між собою (утворення гідридної β -фази). Подальше зростання концентрації водню при зменшенні температури нижче 600 °С (рис.1б) призводить до руйнування зразків. Безпосередні вимірювання водневої проникливості ніобію показали, що вище 950 °С вона описується залежністю $P(\text{моль/м}\cdot\text{с}\cdot\text{Па}^{1/2}) = 6,9 \cdot 10^{-9} \cdot \exp(30,2 \text{ кДж/моль} / RT)$, а нижче 950 °С - $P(\text{моль/м}\cdot\text{с}\cdot\text{Па}^{1/2}) = 6,0 \cdot 10^{-8} \cdot \exp(8,2 \text{ кДж/моль} / RT)$.

Щоб визначити водневу проникливість в інтервалі робочих температур атомних та термоядерних реакторів (600...800 °С), застосовували підхід, який полягає у визначенні коефіцієнта дифузії D водню на основі зміни електроопору при наводнюванні ніобію. В цьому випадку P визначали, за відомою розчинністю водню S на основі співвідношення $P = S \cdot D$. В основу досліджень покладена методика, яка базується на пропорційності між кінетикою зміни електроопору і концентрацією втіленого водню: $\Delta\rho(\tau) = \kappa \cdot Q(\tau)$, де κ – стала пропорційності. При цьому електроопір ρ , як і концентрація водню в зразку,

змінюється за експоненційною залежністю. Логарифмуючи експериментально отриману криву зміни електроопору від часу наводнювання τ , дістаємо рівняння прямої в координатах $\ln \Delta\rho - \tau$, у тангенс кута нахилу якої входить коефіцієнт дифузії водню.

Розраховано, що для α -твердого розчину водню у Nb коефіцієнт його дифузії описується рівнянням $D(\text{м}^2/\text{с}) = 5,0 \cdot 10^{-8} \cdot \exp(-10,2 \text{ кДж/моль} / RT)$. При цьому концентрація водню у зразках приблизно відповідає $H/\text{Nb} = 0,07$.

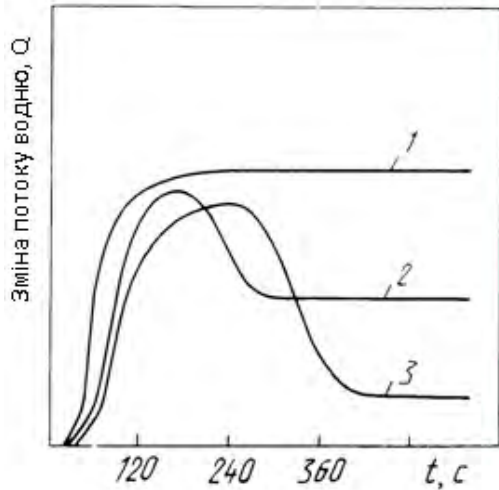


Рисунок 1. Температурні залежності зміни потоку водню крізь Nb: 1 – 1000°C, 2 – 900°C, 3 – 700°C.

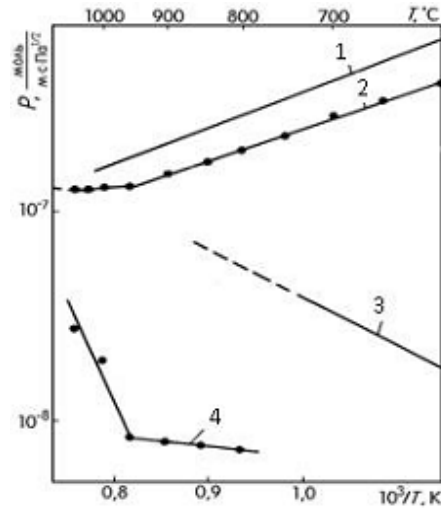


Рисунок 2. Воднева проникливість Nb за тиску водню: 1 – 0,5 Па, 2 – 0,1 МПа, 3 – 50 Па, 4 – 0,1 МПа.

Слід відзначити, що за безпосереднього вимірювання водневої проникливості методом проникання через металеву мембрану величина потоку водню крізь метали V групи контролюється двома факторами – дифузією в об'ємі металу та адсорбційно-десорбційними процесами на його поверхні. Це, в свою чергу, призводить до відхилення від закону Сівертса за зміни тиску водню і температури проведення експерименту. Тому на політермі розрахованої нами водневої проникливості Nb при 950°C спостерігається злам (рис. 2, політерма 2). Аналогічні результати отримані і під час безпосереднього вимірювання P ніобію в інтервалі 800-1050°C за тиску водню 0,1 МПа (політерма 4). За низьких тисків водню (0,5 Па) отримані значення P водню (політерма 1) за величиною енергії активації (кут нахилу політерм) узгоджуються з нашими даними. Збільшення тиску водню до 50 Па (політерма 3) призводить до зміни знаку енергії активації проникання, тобто процес дифузії водню в ніобії стає з екзотермічного ендотермічним [1]. Це свідчить, що зміна проникливості водню в цьому випадку визначається впливом поверхні, очевидно, за рахунок утворення оксидних плівок.

Висновки. Визначена воднева проникливість Nb в широкому інтервалі температур (600...1000 °C) і встановлена температура $\alpha \leftrightarrow \beta$ фазового переходу в системі Nb – H. Показано, що за низьких тисків водню існує кореляційна залежність між результатами, отриманими методом проникання, і розрахунковими даними з використанням D , визначеного за зміною електроопору, тобто методом, незалежним від стану поверхні.

ЛІТЕРАТУРА

1. Водород в металлах / Под ред. Г.Алефельда и Н.Фелькля.- М.: Мир, 1981.-Т.1.- 475с.;Т.2.- 430 с.

ОСОБЛИВОСТІ ВПЛИВУ КАРБОНАТІВ НА ТЕПЛОФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЕПОКСИДНИХ КОМПОЗИТІВ

¹Зінченко Д.О., ¹Нігалатій В.Д., ²Яцюк В.М., ³Ярема І.Т.

¹*Херсонська державна морська академія (Україна)*

²*Тернопільський науково-дослідний експертно-криміналістичний
центр УМВС України (Україна)*

³*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)*

Постановка проблеми. На сьогодні проблема зниження металоємкості у різних галузях промисловості та суднобудування зумовлює інтенсивний розвиток нових енергетичних та ресурсозберігаючих технологій. У даному аспекті важливе місце займають нові методи використання та технології формування полімерних композитних матеріалів (КМ) з підвищеними експлуатаційними характеристиками. При цьому, на сьогодні, значне практичне значення має дослідження впливу карбонатів металів на властивості КМ.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сьогодні композити на основі епоксидних матриць ефективно використовують для захисту технологічного устаткування від корозії та з метою підвищення теплофізичних характеристик деталей машин у багатьох галузях промисловості, у тому числі і у суднобудуванні.

Мета роботи – дослідити теплофізичні властивості епоксикомпозитів, наповнених мікродисперсними частками карбонату літію та нікелю.

Результати дослідження. Для формування композитних матеріалів використано епоксидний діановий олігомер марки ЕД-20 (ГОСТ 10587-84), твердник поліетиленполіамін (ПЕПА) (ТУ 6-05-241-202-78), частки карбонату літію (КЛ) та нікелю (КН) з дисперсністю $d = 8 \dots 10$ мкм. Вміст наповнювачів КЛ та КН змінювали в межах $q = 0,5 \dots 40$ мас.ч. Для визначення оптимального вмісту наповнювачів у епоксидній матриці з поліпшеними властивостями досліджували теплостійкість (за Мартенсом) КМ.

Експериментально встановлено, що введення у епоксидний олігомер часток дисперсного наповнювача КЛ у кількості $q = 0,5 \dots 40$ мас.ч. приводить до збільшення показників теплостійкості КМ до $T = 342 \dots 356$ К порівняно з матрицею ($T = 341$ К). Максимальним значенням теплостійкості $T = 356$ К характеризується КМ, наповнений КЛ у кількості $q = 0,5$ мас.ч. Такий результат можна пояснити нормалізацією молекулярної рухливості структурних елементів ланцюгів за рахунок взаємодії функціональних груп епоксидної смоли, твердника та йонів літію Li^+ , який виконує функцію комплексоутворювача і взаємодіє, утворюючи фізичні та хімічні зв'язки, з функціональними групами і сегментами макромолекул зв'язувача. При цьому навколо часток добавки у полімері утворюються зовнішні поверхневі шари, які відзначаються високим ступенем зшивання, порівняно з полімером у об'ємі. При введенні дисперсного наповнювача КН у кількості $q = 0,5 \dots 40$ мас.ч. спостерігали суттєве збільшення показників теплостійкості КМ до $T = 346 \dots 359$ К. Максимум залежності теплостійкості від вмісту КН встановлено при вмісті $q = 3,0$ мас.ч. дисперсного наповнювача ($T = 359$ К). За даного наповнення зменшується молекулярна рухливість структурних елементів ланцюгів у системі та підвищується хімічна взаємодія активних центрів часток наповнювача із макромолекулами та сегментами зв'язувача. Зменшення показників теплостійкості з $T = 359$ К за вмісту $q = 3,0$ мас.ч. до $T = 346$ К за вмісту $q = 40$ мас.ч. спричинене перенасиченням системи добавкою і збільшенням швидкості передачі температури тіла по об'єму наповненої епоксидної матриці.

Висновки. Встановлено, що для формування композитів з поліпшеними теплофізичними властивостями доцільно у епоксидний олігомери вводити частки карбонату літію та карбонату нікелю у кількості $q = 0,5$ мас.ч. та $q = 3,0$ мас.ч., позаяк значення теплостійкості за Мартенсом для вибраного вмісту наповнювачів становлять – $T = 356$ К та $T = 359$ К відповідно.

КОМПОЗИЦІЯ ІОНООБМІННИХ ПІГМЕНТІВ ДЛЯ ПРОТИКОРОЗІЙНОГО ЗАХИСТУ АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ

Зінь Я.І., Білий Л.М.

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

Інгібувальні пігменти відіграють важливу роль у забезпеченні довговічності лакофарбових покриттів, що застосовуються для захисту металів від корозійного руйнування. На сьогодні важливо одержати протикорозійні пігменти на основі дешевої сировини вітчизняного походження. В цьому плані перспективними є природні мінерали - цеоліти, які можна застосовувати в технологіях антикорозійного захисту металоконструкцій [1]. Ці мінерали належать до групи водних алюмосилікатів лужних і лужноземельних металів з тетраедричним структурним каркасом, який містить порожнечі, зайняті катіонами калію, натрію, кальцію й магнію або молекулами води. Причому каркасна структура з нанопорами займає до 50% об'єму. Катіони цеоліту можуть легко заміщуватися шляхом іонного обміну іонами корозивного розчину без руйнування цеолітного каркасу. Крім того алюмосилікатна основа цеолітів не розчиняється, залишається в об'ємі покриття, а в середовищі переходять лише інгібітори-катіони, що за відсутності в розчині ефективних інгібіторів-аніонів не забезпечує достатнього протикорозійного захисту. Тому інтенсивний пошук композицій модифікованих цеолітів з іншими інгібіторними сполуками є суттєво важливим для підвищення їх захисних властивостей.

Мета роботи – дослідити інгібування корозії алюмінієвого сплаву композицією іонообмінних пігментів на основі модифікованого катіонами кальцію та цинку природного цеоліту та фосфатовмісної аніонообмінної смоли.

Вихідною речовиною для отримання протикорозійних пігментів слугував природний цеоліт клинооптилолітового типу Сокирницького родовища на Закарпатті. Модифікацію природного цеоліту іонами Ca^{2+} і Zn^{2+} здійснювали методом іонного обміну в розчинах солей CaCl_2 і $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ при 70°C . Таким чином отримували Ca- Zn- вмісні цеоліти. Аналогічним методом отримували фосфатовмісну іонообмінну смолу. Модифікували аніоніт АВ-17-8 в 1 М розчині Na_3PO_4 . Перед застосуванням у композиціях гранули PO_4 -модифікованого аніоніту подрібнювали в млині РМ 100. Вміст фосфору в аніоніті за результатами рентгенівського мікроаналізу становив 2.5 мас. %.

Методики досліджень. Інгібувальні властивості модифікованих цеолітів та їх композицій з аніонітом- PO_4 вивчали за додавання безпосередньо в корозивне середовище. Готували суспензії цеолітів і фосфатовмісного аніоніту в корозивному середовищі – слабокислому дощі з $\text{pH} \sim 4,5$. Концентрація інгібувальних додатків у суспензіях становила 1 g/l, а співвідношення між модифікованими цеолітом та аніонітом – 1:1. В одержані суспензії на основі слабокислого дощу опускали зразки алюмінієвого сплаву Д16Т з площею робочої ділянки 1 cm^2 і знімали їх потенціодинамічні поляризаційні залежності. Швидкість розгортки потенціалу становила 2 mV/s. Електрохімічні імпедансні спектри цих же зразків у суспензіях цеолітних пігментів та їх композицій одержували за потенціалу вільної корозії сплаву в діапазоні частот змінного струму від 0,01 Hz до 1,0 kHz.

Результати дослідження та їх обговорення. Методом електрохімічної імпедансної спектроскопії встановлено (рис. 1), що в суспензіях іономодифікованих цеолітів корозійна тривкість алюмінієвого сплаву суттєво зростає порівняно з слабокислим дощовим розчином. Поляризаційний опір сплаву в суспензії Ca-цеоліту зростає приблизно в 1,5 рази, Zn-цеоліту – в 3 рази. Захисний ефект модифікованих цеолітів імовірно зумовлений переходом у середовище адсорбованих на їх розвиненій поверхні катіонів Ca^{2+} та Zn^{2+} шляхом обміну на іони слабокислого корозивного середовища H^+ , Na^+ та NH_4^+ . Водневі іони можуть додатково накопичуватися в розчині внаслідок корозії алюмінієвого сплаву. Катіони Ca^{2+} та Zn^{2+} відомі як катодні інгібітори корозії. Вони осаджуються на катодних ділянках кородуючого металу у вигляді малорозчинних гідроксидів, утворюючи захисну

поверхневу плівку та зменшуючи швидкість реакції катодної деполаризації. Формування корозійностійкої плівки на поверхні сплаву в суспензіях модифікованого цеоліту підтверджується збільшенням залежності модуля імпедансу зразків від частоти прикладеного струму (рис. 1).

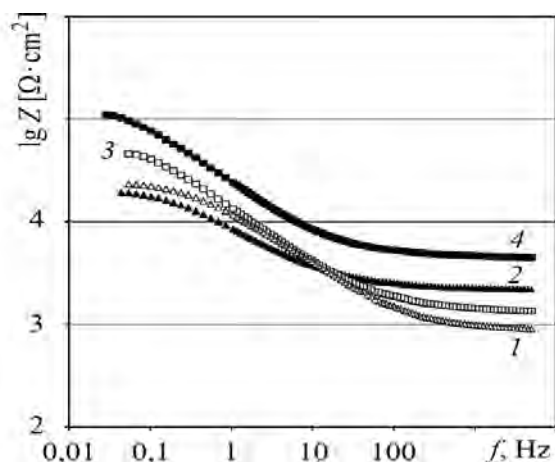


Рисунок 1. Імпедансні залежності алюмінієвого сплаву після 3 h витримування в суспензіях іонообмінних пігментів:
 1 – Ca-цеоліту;
 2 – Ca-цеоліту та аніоніту-PO₄;
 3 – Zn-цеоліту;
 4 – Zn-цеоліту та аніоніту-PO₄.

Додавання суспензії Zn-цеоліту + аніоніту-PO₄ суттєво поліпшує інгібування корозії алюмінієвого сплаву (рис. 1, крива 4). На це вказує зростання R_p алюмінієвого сплаву приблизно в 6,3 рази. Тут є можливим формування на поверхні металу корозійностійкої цинк фосфатної плівки – продукту взаємодії катіонів Zn^{2+} та аніонів PO_4^{3-} , які вивільняються з Zn-цеоліту та модифікованої полістиролдивінілбензоліної смоли АВ-17-8 через обмін з іонами середовища. Однак додавання фосфатовмісного аніоніту до суспензії Ca-цеоліту практично не збільшує опору поляризації алюмінієвого сплаву. Ймовірно, в склад кальцію фосфату, який осаджується на поверхні металу, може входити водень у вигляді кислого фосфат-аніону, що збільшує його розчинність і погіршує захисні властивості.

На основі аналізу результатів потенціодинамічних поляризаційних досліджень алюмінієвого сплаву в суспензіях модифікованих цеолітів показано, що Ca-цеоліт та його композиція з аніонітом-PO₄ дають відносно слабкий змішаний контроль електрохімічної корозії металу. Zn-цеоліт викликає сильно виражений катодний контроль корозії, найімовірніше внаслідок формування малорозчинного гідроксиду на інтерметалічних включеннях сплаву. Композиція Zn-цеоліту та аніоніту-PO₄, крім катодного контролю, додатково забезпечує суттєвий анодний контроль корозії металу.

Експериментальні значення густини струму корозії, одержані графічною екстраполяцією тафелівських ділянок поляризаційних кривих, найнижчі у зразків сплаву, експонованих у суспензії Zn-цеоліту та фосфатовмісної смоли, і становили $\sim 1,5 \cdot 10^{-4}$ мА/см². За відсутності в суспензії фосфатного компонента густина струму корозії алюмінієвого сплаву в 4 рази вища.

Висновки. Природний цеоліт модифікований катіонами кальцію або цинку, є інгібітором корозії алюмінієвого сплаву в середовищі слабокислих атмосферних опадів. Zn-вмісний цеоліт ефективніший інгібітор корозії порівняно з Ca-цеолітом. Поєднання Zn-цеоліту з полістиролдивінілбензоліною смолою, модифікованою фосфат-аніонами, посилює його захисну дію внаслідок формування на поверхні сплаву корозійнотривкої плівки. Модифікований цинком цеоліт і його композиція фосфатовмісною аніонообмінною смолою – ефективні, економічно вигідні та перспективні інгібувальні пігменти для лакофарбових покриттів на алюмінієвих сплавах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Handbook of Zeolite Science and Technology. Edited by S.M. Auerbach, K.A. Carrado, P.K. Dutta.- New York – Basel: Marcel Dekker, 2003. – 1170.

ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ОКОМКОВАНИЕМ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

Исаев Е.А.

Херсонская государственная морская академия (Украина)

Широкое использование в промышленности окомкования сыпучих материалов, применение технологического оборудования большой единичной мощности требуют совершенствования существующих и создания новых режимов окомкования, описываемых общими аналитическими методами.

Железорудные концентраты после подготовки материала к окомкованию переувлажнены. Уменьшение влажности до оптимального уровня производится добавкой бентонита, нерациональное использование которого ухудшает качество окатышей из-за снижения в них содержания железа. Проблема нами решена путем разработки математической модели процесса, в которой связаны воедино: минимально необходимый расход бентонита и известняка, и уравнения оптимизации влажности шихты, поступающей на окомкование. Разработанные уравнения кинетики окомкования сыпучих материалов учитывают комкующие свойства, влажность, сцепление частиц и механизм роста массы гранул в процессе их движения, взаимных соударений и ударных воздействий [1].

На основании математического описания процесса разработана информационно-аналитическая модель управления окомкованием (рис. 1).

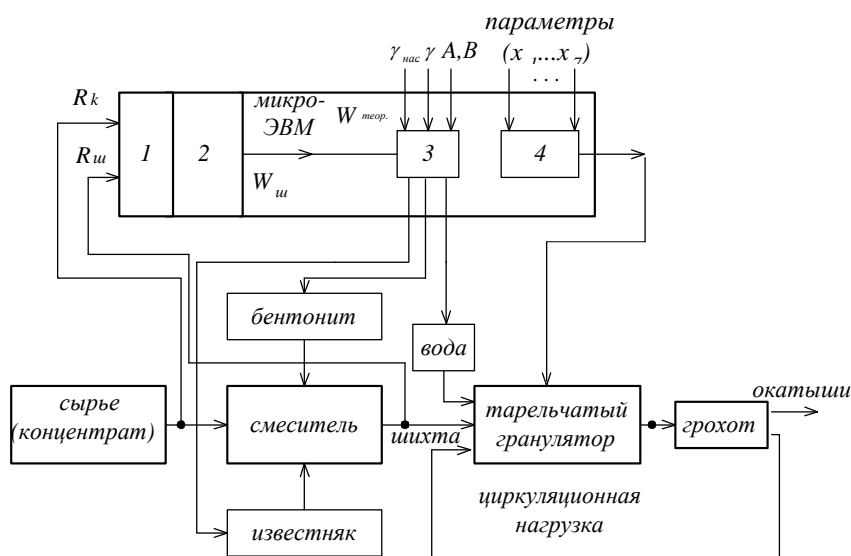


Рисунок 1. Схема информационно-аналитической модели управления процессом окомкования: 1 – кондуктометрический преобразователь; 2 – аналогово-цифровой преобразователь; 3 – определение достаточной влажности $W_{теор}$, количества бентонита, известняка и воды; 4 – блок оптимизации параметров окомкования.

Использование для управления работой окомкователя в качестве микроЭВМ микроконтроллеров (ОМК) серии 181BE51 позволяет реализовать управление окомкователем на основе математической модели. Приведенная на рис. 2 функциональная схема представляет собой систему, включающую микроконтроллер и остальные блоки, обеспечивающие нормальную его работу. Входными данными являются влажность концентрата, тонина его помола, удельная поверхность комкуемого материала. Выходные переменные: необходимое и достаточное увлажнение комкуемого материала, выход окатышей, прочность окатышей.

Блок 1 представляет схему преобразования внешних аналоговых сигналов в цифровой код на основе преобразователя (АЦП) 1108ПВ1. Далее обработанный сигнал поступает на ОМК через блок 2, представляющий собой дешифратор адресного пространства ввода-вывода. В качестве элементной базы используются ИМС серии 74LS138, 74LS373, 74LS374. После обработки принятой информации и на основании описанной в ПЗУ математической модели процесса ОМК выдает управляющие сигналы, позволяющие контролировать весь технологический процесс, а в блоке 6 создаются массивы данных, используемых в работе ОМК. Блок 4 представляет собой схему вывода данных на индикатор. Из блока 3 сигналы поступают на один из сегментов индикатора, реализованного на ИМС 74ALS373

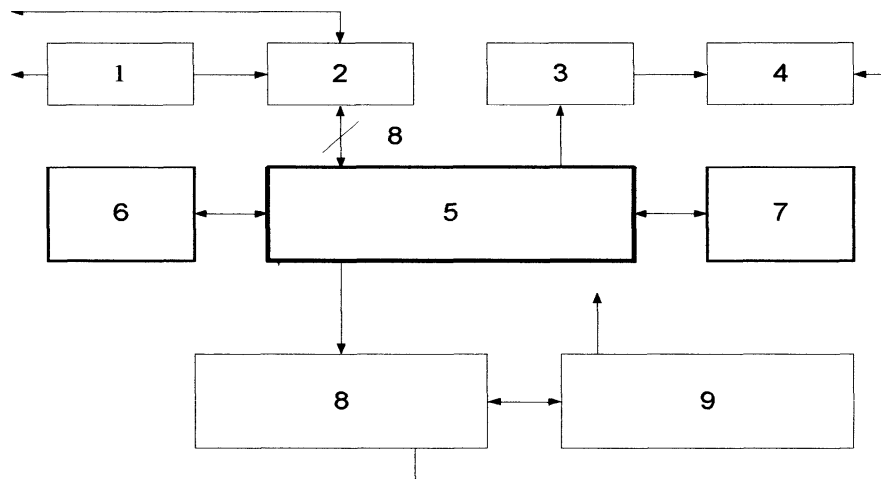


Рисунок 2. Функциональная схема микроконтроллера для управления работой окомкователя: 1 – внешние датчики; 2 – блок дешифрации портов ввода-вывода и ввода и вывода данных; 3 – блок порта вывода данных на сегменты индикатора; 4 – блок индикации; 5 – центральный процессор; 6 – блок оперативного запоминающего устройства (ОЗУ); 7 – блок внешних программ; 8 – блок выбора сегмента индикации и сканирования клавиатуры; 9 – блок ввода информации с клавиатуры.

Если необходимо изменить режимы работы микроконтроллера в течение технологического процесса, то это осуществляется через блок 9, представляющий собой группу кнопок введения цифр от 0 до 9 и выбора режима через кнопки «*» «#», расположенную для удобства ввода информации.

Описанное устройство позволяет эффективно, воздействовать на систему управления получения окатышей и взаимодействовать с оператором с целью оперативного изменения режимов работы в зависимости от влажности концентрата.

Разработанная информационно-аналитическая модель может использоваться для управления как барабанным, так и чашевым окомкователем после введения в ПЗУ микроконтроллера соответствующего математического описания процесса в используемом грануляторе.

Модель реализована в системе управления барабанным окомкователем Полтавского ГОКа, что улучшило качество окатышей на 5,2%, снизило расхода бентонита на 2,5% (отн.) и повысило производительность агрегата на 15,6% с одного окомкователя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Исаев Е.А., Чернецкая И.Е., Крахт Л.Н. Современная теория окомкования сыпучих материалов. – Старый Оскол: «Тонкие наукоемкие технологии», 2014. - 244 с.

ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ НА АДГЕЗІЙНУ МІЦНІСТЬ ЗАХИСНИХ ЕПОКСИКОМПОЗИТНИХ ПОКРИТТІВ

Кашицький В.П., Малець В.М., Фурс Т.В.

Луцький національний технічний університет, Україна

У вирішенні проблеми захисту технологічного обладнання від впливу агресивних середовищ, змінних температур та динамічних навантажень перспективними матеріалами є полімеркомпозити, що можуть використовуватись у вигляді захисних покриттів. Ключову роль у забезпеченні надійності даних матеріалів відіграє адгезійний зв'язок між полімером та субстратом, оскільки від його міцності та стабільності залежать фізико-механічні та експлуатаційні характеристики покриттів [1]. Високу адгезійну здатність мають полімеркомпозитні матеріали на основі епоксидних в'язучих, що містять високодисперсні наповнювачі. Дані матеріали відзначаються високою технологічністю при нанесенні на деталі зі складним профілем поверхні та вирізняються високими експлуатаційними характеристиками в умовах впливу агресивних середовищ [2]. Через високу поверхневу енергію високодисперсні частинки характеризуються схильністю до утворення агломератів та седиментації, що ускладнює їх рівномірний розподіл в полімері. Для однорідності структури і високої стабільності фазового складу композиції на стадії формування опромінюють зовнішніми енергетичними полями [3]. Застосування даних полів дає змогу змінювати як надмолекулярну структуру, густину, так і механічні властивості епоксикомпозитних матеріалів. Перспективними в даному плані є обробка полімерних композитів електромагнітним полем або ультразвуком, які сприяють рівномірному розподілу структурних складових, активізації взаємодії на межі поділу фаз та зменшенню дефектності системи [4].

Отже, розробка технології обробки епоксикомпозицій зовнішніми фізичними полями є актуальною науково-практичною задачею формування гетерогенної структури, що дозволяє знизити ступінь агрегації частинок і забезпечити однорідність системи.

В роботі досліджено епоксикомпозитні матеріали на основі епоксидної смоли марки ЕД-20 (ГОСТ 10587-84), що являє собою рідкий реакційноздатний олігомерний продукт на основі дигліциділового ефіру дифенілпропану. Твердження композицій здійснено з використанням поліетиленполіаміну (ТУ 6-02-594-70), який має високу швидкість взаємодії первинних і вторинних аміногруп з епоксидними групами при кімнатній температурі. В якості наповнювачів використано високодисперсні порошки: заліза ПЖР-3 (ГОСТ 9849-86), карбонільного заліза Р-20 (ГОСТ 13610-79) та фторопласту 4ПН-20 (ГОСТ 10007-80). Для визначення оптимального складу та технології формування епоксикомпозитів наповнених високодисперсними частинками використано методику дослідження адгезійної міцності за нормального відриву (ГОСТ 14759-69).

Формування дослідних зразків полягало в отриманні однорідної композиції, до складу якої входили необхідні компоненти з механічним виміщуванням складових на кожному етапі для забезпечення високої однорідності системи. Сформовану композицію наносили на підготовлену поверхню. Обробку ультразвуком здійснювали в лабораторній ультразвуковій установці в середовищі води при частоті 20 кГц. Підготовлену полімерну композицію у посудині розташовували на відстані 10 мм від джерела ультразвукових хвиль. Оптимальна тривалість обробки складала 15 хв. Для вивчення впливу магнітного поля використовували електромагнітний змішувач. Обробку здійснювали в повітряному середовищі, при частоті 50 МГц. Підготовлену композицію розташовували над джерелом електромагнітних хвиль. Твердження матеріалу проведено за наступним режимом: витримка протягом 24 год при температурі 18 °С; 1 год з витримкою при 70 °С, 1 год при 100 °С, 4 год при 130 °С.

Встановлено, що введення дрібнодисперсних наповнювачів дає змогу підвищити адгезійну міцність полімерної матриці, однак введення дрібнодисперсних наповнювачів до

складу епоксидної смоли призводить до утворення дефектів структури (порожнини, пори) та нерівномірного розподілу частинок у полімерній матриці, що в основному пов'язано з утворенням агломератів частинок. Невисокі значення адгезійної міцності полімеркомпозитних систем пояснюються також підвищеною в'язкістю розчину, в результаті чого композиція не повністю заповнює мікронерівності підложки.

Встановлено, що епоксидна композиція з високодисперсними наповнювачами є більш чутливою до впливу електромагнітного поля, порівняно із полімерною матрицею, оскільки спостерігається незначне зростання адгезійної міцності на 13 % порівняно з необробленим фізичним полем епоксиполімером. Експериментально встановлено, що обробка електромагнітним полем призводить до різкого зростання досліджуваної характеристики в 2,5...3,5 рази при низьких ступенях наповнення системи (6...10 мас. ч.) для усіх досліджуваних дрібнодисперсних порошків, порівняно з необробленою системою. Проведена обробка зумовлює локалізацію макромолекул і надмолекулярних структур олігомера на поверхні дисперсних частинок, що призводить до збільшення ступеня зшивання матриці у поверхневих шарах

Адгезійна міцність епоксиполімерів за рахунок обробки ультразвуком зростає в 1,7 рази порівняно з необробленою полімерною матрицею та в 1,5 рази порівняно з обробкою електромагнітним полем. Застосування ультразвукової обробки забезпечує вищий ступінь однорідності системи внаслідок інтенсифікації взаємодії компонентів між собою та зниження дефектності системи в цілому. Ультразвукова обробка сприяє зростанню адгезійної міцності епоксикомпозитів при низьких ступенях наповнення системи (6...10 мас.ч.) для фторопласту в 1,2 рази, для карбонільного заліза в 3 рази, для заліза марки ПЖР-3 – в 12,6 разів. Підвищення адгезії в епоксикомпозитах оброблених ультразвуком пов'язано з активізацією центрів структуроутворення на поверхні армуючих елементів та вільних радикалів полімерної основи, що зумовлює появу додаткових зв'язків. Встановлено, що для підвищення однорідності розподілу армуючих елементів і стабільності фазового складу епоксиполімерну композицію необхідно опромінювати зовнішніми фізичними полями. Застосування даних полів дає змогу змінювати як надмолекулярну структуру, так і механічні властивості епоксикомпозитних матеріалів.

Висновки. Обробка композиції зовнішніми фізичними полями покращує взаємодію компонентів та сприяє рівномірному розподілу в об'ємі композиції завдяки покращенню рухливості та впорядкуванню частинок наповнювача в полімерній матриці. Додаткова обробка розроблених епоксикомпозитних покриттів при низьких ступенях наповнення системи (6...10 мас.ч.) призводить до зростання адгезійної міцності в 1,5...12 разів при впливі електромагнітного поля, а ультразвукова обробка сприяє зростанню досліджуваної характеристики 1,2...12,6 разів, що підвищує механічні та експлуатаційні характеристики розроблених захисних епоксикомпозитних покриттів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Букетов А.В. Закономірності впливу обробки енергетичними полями зв'язуючого і наповнювачів на властивості епоксикомпозитних матеріалів для захисних покриттів: дис... д-ра техн. наук: 05.02.01 – Тернопіль: ТДТУ, 2007. – 337 с.
2. Стухляк П.Д., Букетов А.В., Редько О.І. Епоксидно-діанові композити: технологія формування, фізико механічні і теплофізичні властивості: монографія. – Тернопіль: Крок, 2011. – 165 с.
3. Букетов А.В. Розробка та впровадження епоксикомпозитних покриттів з підвищеними експлуатаційними характеристиками / А.В. Букетов, О.О. Сапронов, Л.Л. Моїсеєнко, Т.І. Івченко // Науковий вісник НЛТУ: збірник науково-технічних праць. – Львів: НЛТУ. – №24.01. – 2014. – С. 141-146.
4. Сапронов О.О. Вплив вмісту і природи дрібнодисперсного наповнювача на механічні властивості і структуру полімерних захисних покриттів / О.О. Сапронов, В.Д. Нігалатій, І.В. Смирнов, М.А. Долгов // Вісник ХДМА, 2013. – №2(9). – С. 228-237.

КІНЕТИКА РУЙНУВАННЯ КОМПОЗИЦІЙНИХ ПОКРИТТІВ ПАР ТЕРТЯ НА ОСНОВІ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ МОДЕЛІ

Кіндрачук М.В., Мнацаканов Р.Г., Гуменюк І.А.
Національний авіаційний університет (Україна)

Проблемам тертя і зносостійкості металів посвячено чимало робіт теоретичних експериментальних. Згідно з уявленнями сучасної фізики міцності матеріалів, їх руйнування є заключною фазою складного багатоетапного процесу пошкоджуваності, що закономірно розвивається на атомарному, нано- та мезоскопічному рівнях.

У роботі [1] показано, що зростання з часом внутрішньої енергії кристалу при дії зовнішніх механічних навантажень у парах тертя здійснюється за законом, близьким до лінійного. З досягненням деякого критичного значення внутрішньої енергії матеріалу (енергія активації), відбувається руйнування матеріалу. Отже, руйнування є наслідком нестійкості деякого об'єму матеріалу при досягненні критичного значення густини його внутрішньої енергії.

Розглядаючи фізично нескінченно малий об'єм твердого тіла як відкрити термодинамічну систему, що знаходиться, за усталених зовнішніх умов, у стані локальної термодинамічної рівноваги, умову руйнування матеріалу можна подати у вигляді

$$\Delta u = u_0 \quad (1)$$

де, $\Delta u = u_0$ відповідно, – зміна молярної внутрішньої енергії системи та її молярна енергія активації руйнування. Остання з цих величин є фундаментальною енергетичною характеристикою міцності матеріалу. Перша – накопичується з часом у процесі тертя. При досягненні нею значення, рівного u_0 відбувається руйнування матеріалу.

У загальному випадку внутрішня енергія твердого тіла змінюється внаслідок комплексного впливу різноманітних термодинамічних процесів: механічних, теплових, дифузійних, хімічних електромагнітних та ін.. З урахуванням цих факторів умову руйнування матеріалу в приповерхневому шарі пари тертя можна записати [2] у вигляді

$$TR \ln \left(\frac{t}{\tau_0} \right) + V_m 10^{-6} \left(\frac{\Delta \sigma^2}{2E} + \sigma \bar{\epsilon} t \right) + \Delta u_i + \Delta q \geq u_0 \quad (2)$$

Перший доданок у (2) визначає приріст внутрішньої енергії одного моля речовини приповерхневого шару за рахунок збільшення ентропії, другий – внаслідок зростання енергії пружних і пластичних деформацій кристалічної ґратки (відповідно, перший та другий доданки виразу в дужках), третій – у результаті технологічної обробки поверхні; четвертий – через фізико-хімічні взаємодії з навколишнім середовищем. Тут R – універсальна газова стала, V_m – молярний об'єм, σ – напруження, E – модуль пружності, $\bar{\epsilon}$ – середня швидкість непружних деформацій, t – час перебування системи у навантаженому стані, а τ_0 – період теплових коливань атомів.

Виконане у роботі [2] дослідження впливу ролі кожного доданку в лівій частині нерівності (2) показало, що основний внесок у процес руйнування матеріалу дає деформаційна частина, значення якої з часом монотонно зростає майже за лінійним законом.

У процесах зносу тертя акт руйнування локалізується в малому об'ємі матеріалу, який при досягненні критичних напружень відлущується і переноситься на поверхню контртіла у вигляді частинок переносу.

Для оцінки розмірів частинки переносу припускають, що вона обмежена півсферою радіусу $d/2$, де d – діаметр плями контакту [3]. Тож об'єм її будемо вважати рівним $\pi d^3/12$.

Якщо v – кількість молів речовини в цьому об'ємі, то умовою утворення частинки переносу є виконання нерівності

$$E_{def} \geq E_s \quad (3)$$

де

$$E_{def} = \frac{\pi d^3}{12} 10^{-6} \left(\frac{\Delta \sigma^2 max}{2E} + \sigma_{max} \bar{\epsilon} t \right)$$

– енергія деформації, а

$$E_s = v \left(u_0 - TR \ln \left(\frac{t}{\tau_0} \right) - \Delta u_i - \Delta q \right)$$

– енергія активації руйнування (викришування фрагменту даного об'єму). Величина останньої визначається когезійними властивостями матеріалу (перший доданок) і зміною його внутрішньої енергії за рахунок збільшення ентропії, технологічної обробки поверхні та її фізико-хімічні взаємодії з навколишнім середовищем.

Оскільки викришування частинок пов'язане з утворенням нових поверхонь, то природно припустити, що енергія активації руйнування пропорційна до величини площі поверхні частинки переносу, рівної $\pi d^2/2$. Коефіцієнт пропорційності визначається когезійними властивостями матеріалу в при поверхневій зоні:

$$E_s = 2\gamma \frac{\pi d^2}{2}, \quad (4)$$

де γ – питома енергія когезії. Поклавши $\sigma_{max} = E\epsilon_{max}$, де ϵ_{max} – максимальна деформація, приходимо до висновку, що енергія деформації

$$E_{def} = \frac{\pi d^3}{12} 10^{-6} \left(\frac{\epsilon_{max}}{2} + \bar{\epsilon} t \right) \epsilon_{max} E, \quad (5)$$

пропорційна величині модуля пружності E . Тоді відношення енергій деформації до енергії активації руйнування

$$\frac{E_{def}}{E_s} \sim \frac{E}{\gamma} d \quad (6)$$

виявляється лінійною функцією розміру частинки переміщення.

З аналізу (6) випливає, що умова руйнування матеріалу (3) в процесі тертя досягається швидше для частинок переносу більших розмірів.

Розмір частинок переносу визначається механічними властивостями поверхні тертя – значення його менше у твердішому (з великим значенням E), але більше – у міцнішому (з великим значенням γ) матеріалі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Федоров. В.В. Кинетика повреждаемости и разрушения материалов, 1985. – 175 с.
2. Ибатуллин И.Д. Кинетика усталостной повреждаемости и разрушения поверхностных слоев, 2008. - 387 с.
3. Крагельский И.В., Добычин М.Н., Комбалов В.С. Основы расчетов на трение и износ. – М.: Машиностроение, 1977. - 526 с.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ РАЗРУШЕНИЯ ОБРАЗЦОВ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ПОВТОРНО-ПЕРЕМЕННЫХ НАГРУЗОК

Кравцова Л.В., Богдан А.П.

Херсонская государственная морская академия (Украина)

Введение. Одним из путей повышения эксплуатационной надежности деталей машин является разработка новых материалов и покрытий на полимерной основе. Большинство деталей за время своей эксплуатации испытывают действие периодически изменяющихся во времени нагрузок. При этом нагрузки могут изменяться во времени по законам, аналитическое описание которых представляет определенные трудности. Выполняя исследования по воздействию нагрузки на материал, можно установить закономерности изменения его деформации в зависимости от силы его нагружения. Следовательно, изучая поведение образцов под действием повторно-переменных нагрузок исследуемых материалов, можно обобщить результаты для деталей, изготовленных из этих материалов в реальных условиях эксплуатации.

Актуальность исследования. Актуальным заданием современного материаловедения является прогнозирование новых и улучшение существующих свойств изделий из композитных материалов (КМ). Спрогнозировать напряжения, вызывающие разрушение конструкций при повторно-переменной нагрузке, циклически изменяющейся во времени по величине или по величине и по знаку весьма затруднительно. Такие напряжения могут привести к разрушению конструкции при значениях, существенно меньших, чем предел текучести (или предел прочности). Таким образом, чем глубже изучены закономерности, описывающие процессы изменения свойств и состояние материалов, тем достовернее можно предвидеть поведение изделия в условиях эксплуатации и обеспечить сохранение его показателей надежности в требуемых пределах.

Цель работы: на основе аналитической зависимости значений деформации от повторно-переменных нагрузок спрогнозировать разрушение образцов КМ с учетом температурно-влажностных условий.

Результаты исследования. Экспериментальные исследования были проведены многократно для идентичных серий образцов КМ, и к результатам экспериментов были применены различные методики построения математической модели. В соответствии с построенной математической моделью, были проведены расчеты, выполнен сравнительный анализ результатов с целью проверки достоверности построенной модели. В данной модели экспериментальные исследования проводили для двух серий образцов. 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 обеих серий испытывали на четырёхточечный изгиб по ГОСТ 9550-81 многократно приложенной повторно-переменной нагрузкой. Параметры образцов: длина $l = 120 \pm 2$ мм, ширина $b = 15 \pm 0,5$ мм, высота $h = 10 \pm 0,5$ 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, наблюдали в среднем девять этапов последовательного нагружения с последующим снятием нагрузки, а для образцов, выдержанных в воде, – 16 этапов.

Прогноз разрушения образца с учетом остаточной деформации показывает, что максимальная деформация для образца, выдержанного в воде, составляет 3,6 мм, при этом средняя сила воздействия на единицу деформации образца при последнем нагружении составляет 90 Н. Из табл. 1 видно, что образец №2 разрушается при деформации 3,7 мм.

Таблиця 1. Прогноз разрушения образца с учетом остаточной деформации

Дефор- мация, см	Среднее нагружение на первый образец, Н	Среднее нагружение на второй образец, Н	Прогнозирование значения нагружения на единицу деформации, Н
0,0	356,0000	47,0000	201,5000
0,2	327,7155	134,6994	231,2074
0,4	305,8894	192,4618	249,1756
0,6	289,1689	227,2242	258,1965
0,8	276,3425	245,0442	260,6933
1,0	266,3400	251,1000	258,7200
1,2	258,2324	249,6906	253,9615
1,4	251,2323	244,2354	247,7338
1,6	244,6932	237,2746	240,9839
1,8	238,1104	230,4690	234,2897
2,0	231,1200	224,6000	227,8600
2,2	223,4998	219,5698	221,5348
2,4	215,1688	214,4010	214,7849
2,6	206,1872	207,2370	206,7121
2,8	196,7566	195,3418	196,0492
3,0	187,2200	175,1000	181,1600
3,2	178,0616	142,0170	160,0393
3,4	169,9068	90,71856	130,3127
3,6	163,5227	14,95136	89,23702
3,7	161,2728	-34,30270	63,48508

Для первого образца коэффициент корреляции – $\rho(\Delta, f) = 0,916$; для второго образца – $\rho(\Delta, f) = 0,912$. Это свидетельствует о сильной зависимости деформации от нагрузки. Особое внимание стоит обратить на коэффициент корреляции $\rho(f_1, f_2)$ между образцами, который составил $\rho(f_1, f_2) = 0,822$, что говорит об устойчивой тенденции разрушения, т.е. о максимальном количестве этапов нагружения 9.

Аналогичные расчеты проведены для образцов, выдержанных в воде.

Коэффициент корреляции деформации образца и средней нагрузки на 1 мм для первого образца, выдержанного в воде, составил $\rho(\Delta, f) = 0,981$, для второго – $\rho(\Delta, f) = 0,979$. Коэффициент корреляции $\rho(f_1, f_2)$ между образцами, выдержанными в воде, составил $\rho(f_1, f_2) = 0,983$, что говорит об устойчивой тенденции разрушения, т.е. максимальное количество этапов нагружения до момента разрушения равно 17.

С целью проверки правильности выбранного подхода к построению аналитической взаимосвязи нагружения и деформации образца полученные результаты были проверены на всех девяти образцах каждой серии.

Выводы. Методом математического моделирования установлены параметры аналитической зависимости деформации образцов КМ от силы повторно-переменных нагружений для двух серий образцов. Повторно-переменное воздействие нагрузок вызывает более интенсивное снижение прочности образцов по сравнению с воздействием статической нагрузки. Причиной этому является силовое воздействие, при котором происходит накопление остаточных деформаций и микроразрушений, вызванных естественной неоднородностью материала, что приводит к снижению прочности наиболее слабых частиц, а значит, к разрушению всего образца. Разработан подход прогнозирования разрушения образцов КМ, подверженных действию повторно-переменных нагрузок на основе значений остаточной деформации. 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.

ДОСЛІДЖЕННЯ МАКРОГЕОМЕТРІЇ ПОПЕРЕЧНИХ ПЕРЕРІЗІВ ЦИЛІНДРИЧНИХ ПОВЕРХОНЬ НА ПРИКЛАДІ ШКВОРНЕВИХ ВТУЛОК

Кривий П.Д., Сеник А.А., Дзюра В.О., Кобельник В.Р.

Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя (Україна)

Проаналізовано існуючі методи [1] дослідження макрогеометрії поперечних перерізів (відхилень від круглості) циліндричних поверхонь згортних втулок, які широко використовуються у приводних роликівих і втулкових ланцюгах а також у ходовій частині автомобілів (шкворневі згортні втулки) і у шатунно-поршневій групі двигунів внутрішнього згоряння.

Встановлено, що відхилення від круглості поперечних перерізів шкворневих згортних втулок після технологічної операції – згортання у декілька разів перевищують регламентовані [1] допуски. Тому для визначення відхилень від круглості таких втулок існуючі кругло міри застосовувати неможливо.

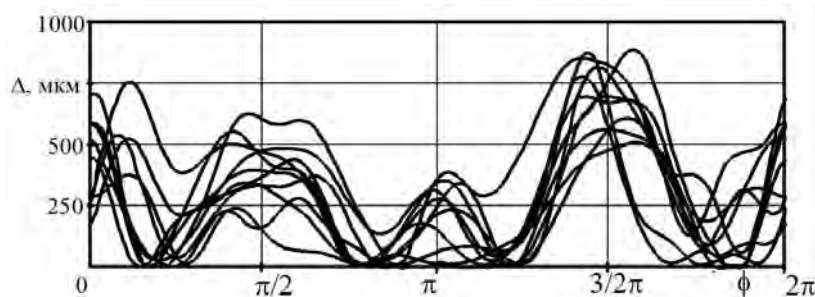


Рисунок 1. Ансамбль реалізацій відхилень від круглості поперечних перерізів ВЦП

Запропоновано відхилення від круглості, наприклад, поперечних перерізів внутрішніх циліндричних поверхонь (ВЦП) шкворневих втулок визначати шляхом сканування їх прошліфованих торців і відповідного їх масштабного збільшення таким чином формування профілограми, поділу вписаного прилягаючого кола на певну кількість положень і визначення у кожному положенні відхилень від круглості.

Відзначено, що шкворневі згортні втулки після першої технологічної операції згортання із заготовок, які мають вигляд прямокутних карточок, періодичним або послідовним деформуванням, їх відхилення від круглості на куту повороту в інтервалі $[0, 2\pi]$ мають приблизно однаковий характер. Це проілюстровано ансамблем реалізацій відхилень від круглості (ВЦП) (рис. 1). Кожна i -та із ансамблю реалізація являє собою нестационарну випадкову періодичну (з періодом 2π) функцію, яка апроксимується тригонометричним рядом Фур'є, вільний член якого є середнім значенням $\bar{\Delta}_i$ відхилення від круглості для окремої втулки.

Прийнято, на основі граничної теореми Чебишева, гіпотезу про те, що середні значення $\bar{\Delta}_i$ і амплітуди A_i (тут i – номер реалізації) отримані у результаті апроксимації відхилень від круглості тригонометричним рядом Фур'є є випадкові величини з нормальним законом розподілу. Використавши запропонований авторами метод ітерацій [2], за теорією малих вибірок знаходили вибіркові середні значення відхилень від круглості і амплітуди, та дисперсії розсіювання. За методом Р.С. Спрега будували усереднену круглограму. Враховано, що у шарнірах із невеликими зазорами максимальна зона контакту циліндричних з'єднань охоплюється кутом $\Theta \approx 85^\circ$ [3]. Прийнявши $\Theta \approx 90^\circ$ і розбивши зону контакту на n (наприклад $n=12$) секторів (рис. 2) у кожному з них відповідну частину круглограми охопленої центральним кутом $\Theta_\delta = 360^\circ / n$ апроксимують тригонометричним рядом Фурє обмежившись 3-ма його членами.

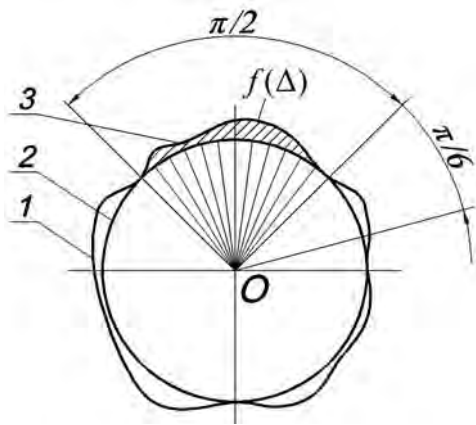


Рисунок 2. Схематичне зображення:

- 1 – усередненої кругло грами;
- 2 – прилягаючого вписаного кола;
- 3 – площі утвореного ділянкою круглограми і прилягаючим колом

Знаходять сектор у якому середнє секторальне значення відхилення від круглості мінімальне - $\bar{\Delta}_n - \min$ і на основі цього пропонували при складанні шарніра згортну втулку орієнтувати у таке кутове положення, щоб у контакті із циліндричною поверхнею шворня був саме цей сектор з мінімальним відхиленням від круглості.

Більш ефективним параметром, який характеризує мікрогеометрію поперечних перерізів шкворневих втулок є величина площі s , яка розміщена між ділянкою кругло грами охопленою центральним кутом Θ і прилягаючим вписаним колом у кожному із секторів.

Здійснювали розгортку ділянки кругло грами обмежену центральним кутом $-\frac{\pi}{2} \leq \Theta \leq \frac{\pi}{2}$

(рис. 2), апроксимувавши цю частину круглограми як випадкову періодичну функцію тригонометричним рядом Фур'є, з обмеженням трьома членами отримаємо:

$$f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{i=1}^3 a_n \cdot \cos 4n\Delta + b_n \cdot \sin 4n\Delta, \text{ де } a_0, a_n \text{ і } b_n - \text{ коефіцієнти ряду Фур'є.}$$

Тоді площа s виразиться залежністю $s = \int_{-\pi/4}^{\pi/4} f(\Delta) d\Delta$, тут $f(\Delta)$ – функція зміни Δ по

куту повороту.

Повторивши аналогічно попередню операцію через крок, наприклад, $\pi/6$ визначили значення s_i ($i=1, 2, 3 \dots 12$). Здійснювали кутову орієнтацію шкворневих згортних втулок у таке положення, щоб зона з мінімальною площею була спряжена із циліндричною поверхнею шворня, тим самим забезпечивши найбільш сприятливі умови контактування поверхонь шарніра.

Висновки. Запропонована методика дослідження мікрогеометрії поперечних перерізів циліндричних поверхонь на прикладі поворотних втулок дає можливість забезпечити найбільш сприятливі умови контактування поверхонь шарнірів.

ЛІТЕРАТУРА

1. ГОСТ 24643-81 (ст. С7В 301-76) Основные нормы взаимозаменяемости. Допуски формы и расположения поверхностей. Числовые значения [текст]. Введен 01.07.81. – М: Госком СССР по стандартам, 1990. – С. 68.

2. Статистичне оцінювання пресових з'єднань приводних роликів ланцюгів закордонних фірм на основі теорії малих вибірок / П. Кривий, Н. Тимошенко, В. Коломієць [та ін.] Вісник Тернопільського національного технічного університету. – 2013. - №2(70). – С. 121-129.

3. Милов А.Б. О вычислении контактной жесткости цилиндрических соединений. / Проблемы прочности. - 1973. - №1. - С. 70-72.

FROM CARBON TO SILICON CARBON VAPOUR CONDENSATES: STRUCTURAL AND ELEMENTAL ANALYSIS

Kutsay O.M., Starik S.P., Gontar O.G., Tkach V.M., Sokolyuk D.V., Novikov M.V.
*V. Bakul Institute for Superhard Materials
of the National Academy of Science of Ukraine (Ukraine)*

The elemental and structural analysis of carbon films produced by chemical vapor deposition (CVD) and silicon carbon films produced by physical vapor deposition (PVD) has been presented. The carbon and silicon carbon films proposed as protective, wear-resistive, chemical inert and biocompatible coatings for the application in optics, electronics, machine-building and medicine by the complex investigation of the film structural and physical properties [1-2].

The features of the elemental composition of different types of film condensates based on carbon or silicon carbide were studied by scanning electron microscope (SEM) ZEISS EVO 50XVP (Germany) and energy-dispersive (EDS) X-ray microanalyzer INCA ENERGY 450 (United Kingdom) in the extended range of detected elements (Be-Pu) using calibrated standards. The spectral measurements in the infrared (IR) range performed by a set of FT-IR spectroscopy Nicolet Instrument Corporation – “Nexus” (USA). The complex consists of FT-IR spectrometer Nicolet 6700 and IR microscope Nicolet Continuum. For spectroscopic studies samples were deposited on optically transparent silicon.

The accelerating voltage of the SEM electron beam when working with EDS analyzer determines for the interaction of the electron beam with a solid amount of X-ray generation and accordingly determines the local X-ray analysis. In investigating the presence on the analysis results of the substrate material it was found that when 2 kV generating capacity was within all investigated in this study film coatings. By increasing the accelerating voltage up to 5 kV for thick films were observed influence of the substrate. So, the analysis of the results obtained by EDS measurements at 2 kV shows the presence of oxygen in all films.

Thus, the EDS analysis results using variation of the penetration depth of the probe electron beam by changing the acceleration voltage showed that amorphous carbon coatings characterized by the presence of oxygen in an amount from several to several tens of at. % in the structure of the film or at the interface between the film and substrate. The source of oxygen is assumed residual atmosphere in the vacuum chamber, the presence of water vapor in the gas precursors, and the remains of the oxide layer on the substrate surface.

Therefore, the results of the study have found the influence of residual gas atmosphere and surface desorption on the elemental composition and structure of films obtained by Reactive Magnetron Sputtering of the target sintered from silicon carbide powder. For films deposited in argon atmosphere, typical uncontrolled impurity of oxygen content was about 20 at. %. The sputtering silicon carbide targets in the residual gas atmosphere leads to the formation of condensate film integrated structure of silicon carbide and silicon oxide incorporated by nitrogen.

The high hardness, optical transparency, energy efficiency of the process of obtaining evidence of the successful application of the carbon and silicon carbon film condensate as protective and decorative interference stained functional coatings.

REFERENCES

1. Novikov N.V., Gontar A.G., Khandozhko S.I., Kutsay A.M., Tkach V.N., Gorokhov V.Yu., Belitsky G.M., A.V. Vasin Protective diamond-like coatings for optical materials and electronic devices // *Diamond and Related Materials*. – 2000. – Vol. 9, Iss. 3 – 6. – P. 792 – 795.
2. Romanko L.A., Gontar A.G., Kutsay A.M., Khandozhko S.I., Gorokhov V.Yu. Dielectric properties of RF plasma deposited a-C:H and a-C:H:N films // *Diamond and Related Materials*. – 2000. – Vol. 9, Iss. 3 – 6. – P. 801 – 804.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВАКАНСИОННОГО СОСТАВА МОНОКРИСТАЛЛОВ ПОЛУПРОВОДНИКОВ

Лебедь О.Н., Безбах О.М., Лебедь Н.И.

Херсонская государственная морская академия (Украина)

Введение. Развитие интегральной и силовой электроники на основе арсенида галлия предъявляет все возрастающие требования к структурным и электрофизическим параметрам подложек для интегральных схем, СВЧ приборов. Промышленное использование GaAs требует улучшения его структуры и воспроизводимости свойств при технологических процессах.

Причины, вызывающие неоднородное распределение структурных и электрофизических параметров по диаметру монокристалла определяются, главным образом, процессами посткристаллизационного охлаждения, в результате возникновения осевого и радиального градиентов температур [1].

Актуальность. Одним из известных методов управления и повышения однородности распределения параметров монокристаллов GaAs, является поиск режимов термообработки (ТО) уже изготовленных подложек. При этом процессы ТО способны изменить физические свойства монокристаллов полупроводников, в частности и ПИН GaAs. Формирование электрофизических параметров монокристаллов нелегированного GaAs – очень сильно зависят от собственных точечных дефектов (СТД) [1].

Одним из основных механизмов ответственных за изменение структурных и электрофизических параметров монокристаллов является изменение их вакансионного состава при ТО, который в свою очередь зависит от исходной структуры полупроводника.

Целью данной работы является определение изменения вакансионного состава монокристаллов ПИН GaAs при ТО с учетом дислокационной структуры и отклонения состава от стехиометрического, для разработок технологических методов управления и воспроизведения структурных и электрофизических параметров, основанной на диффузии элементов 6 группы.

Результаты исследований. Мы предлагаем для идентификации вакансионного состава монокристаллов арсенида галлия при ТО проводить диффузию примесей и по изменению диффузионных профилей от теоретических судить о преимущественной генерации вакансий в той либо другой подрешетке.

Были подобраны монокристаллы с различным исходным соотношением концентраций вакансий галлия NV_{Ga} и вакансий мышьяка NV_{As} .

Критерием стехиометричности структуры монокристаллов принято считать отношение концентраций вакансий мышьяка и вакансий галлия: $Z = (NV_{As}/NV_{Ga})$.

В результате экспериментальных данных [2], нами получены диффузионные профили селена и серы в приповерхностной области образцов с разным соотношением концентраций вакансий галлия и мышьяка (рисунок 1).

В монокристаллах с избытком мышьяка существуют два участка, где наблюдаются различные коэффициенты диффузии, в отличие от образцов с избытком галлия.

Следует предположить, что в кристаллах с избытком мышьяка, когда сток мышьяка на поверхность ограничен слоем Ga_2Se_3 или Ga_2S_3 , наряду с поверхностью существенную роль начинают играть дислокации. В результате имеет место вторичная диффузия примеси от поверхности по вакансиям, источником которых являются дислокации.

Причина, по которой сток As на дислокации оказывает влияние на диффузию атомов S и Se в кристаллах с исходным избытком мышьяка и не влияет на нее в образцах с избытком галлия, может быть, по нашим наблюдениям, обусловлена следующим.

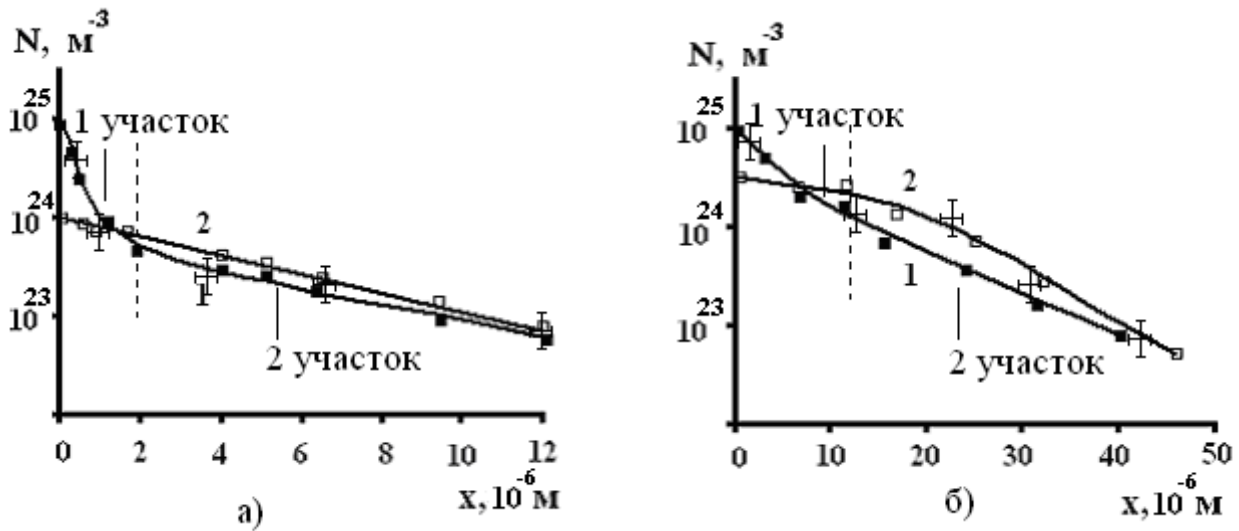


Рисунок. 1. Распределение концентрации примеси N в диффузионной зоне образцов с различной стехиометрией, $N_d = 5 \cdot 10^9 \text{ см}^{-2}$; а – Se, б – S:
 кр.1 – монокристаллы с избытком мышьяка, $z = 1,2$;
 кр.2 – монокристаллы с избытком галлия, $z = 25$.

В околодислокационных атмосферах (атмосферы Котрела) в неотожженных монокристаллах с избытком мышьяка – преобладают вакансии галлия, а в монокристаллах с избытком галлия – вакансии мышьяка. Известно [1], что при высоких температурах – V_{Ga} имеют отрицательный электрический заряд, а V_{As} и атомы междоузельного мышьяка (As_i) – положительный.

Градиентное электрическое поле способствует движению As_i (As_i является доминирующим точечным дефектом в кристаллах, где $N_{V_{Ga}} > N_{V_{As}}$) к дислокациям, если в составе их атмосфер преобладают V_{Ga} , и препятствует ему, если преобладают V_{As} . Следовательно, захват мышьяка дислокациями зависит от вакансионного состава монокристалла.

Выводы. На основе диффузии элементов 6 группы периодической таблицы Менделеева показана зависимость формирования вакансионного состава монокристаллов ПИН GaAs при ТО в зависимости от дислокационной структуры и отклонения состава от стехиометрического.

В монокристаллах с избытком мышьяка, в результате действия дислокационных стоков, происходит более существенная генерация вакансий мышьяка связанная с зарядовым состоянием СТД при высоких температурах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мильвидский М.Г. Физико–химические основы получения разлагающихся полупроводниковых соединений. / Мильвидский М.Г., Пелевин О.В., Сахаров Б.А. // М: Металлургия. – 1974. – 392 с.
2. Лебедь О.Н. Метод диффузии примесей для определения вакансионного состава в монокристаллах ПИН GaAs. / Лебедь О.Н. // Науковий вістник ХДМА. – 2013, –№2(9). – С. 124-129.

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ ВЫСОКОВОЛЬТНОЙ ИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКИ ПОРОШКОВ

Липян Е.В., Сизоненко О.Н.

Институт импульсных процессов и технологий НАН Украины (Украина)

Анализ работ, посвященных применению высоковольтной электроразрядной (ВЭР) обработки порошков, показывает, что для интенсификации воздействия применяются в основном технологические решения, такие как применение многоэлектродных систем, классификаторов, нескольких соединенных камер, изменение геометрии днища и стенок камеры, и т. п., направленные на увеличение общего количества обрабатываемого порошка или отдельной его фракции. При этом недостаточное внимание уделено вопросу выявления закономерностей пространственного распределения частиц в камере с учетом физических свойств порошка и рабочей жидкости, что позволило бы подойти к вопросу управления эффективностью процесса обработки.

Целью данной работы является установление закономерности пространственного распределения дисперсных частиц в рабочей жидкости при ВЭР обработке порошков для управления воздействием и повышения эффективности технологии.

На основании общих закономерностей седиментации, характерных для всех свобододисперсных систем, в которых движение частиц не осложнено их агрегацией, были получены расчетные зависимости скорости оседания частиц порошков в воде и керосине, а также построено распределение частиц порошка по высоте разрядной камеры от их размеров и времени. Полученные результаты позволяют в каждый момент времени после единичного ВЭР оценить вероятность нахождения в определенном слое рабочей жидкости частиц определенного материала, имеющих размеры в заданном размерном диапазоне.

Результаты теоретических исследований показали, что для повышения эффективности высоковольтной импульсной обработки порошков необходимо обеспечить наличие обрабатываемых частиц порошков в зоне максимального давления волны сжатия (перпендикулярной плоскости канала разряда), что возможно выполнить при регулировании частоты следования импульсов с учетом седиментационной способности частиц порошка.

Для проверки правомерности результатов теоретических исследований было проведено экспериментальное исследование связи частоты следования электрических разрядов с эффективностью диспергирования порошков керамики и металлов при их ВЭР обработке на примере карбида кремния и титана в воде и керосине.

Установлено, что изменение частоты следования импульсов с учетом полученных закономерностей при высоковольтной импульсной обработке позволяет управлять эффективностью воздействия на частицы порошков с точки зрения изменения их дисперсности.

Выводы. На основе моделирования осаждения частиц порошков установлены закономерности пространственного распределения дисперсных частиц в рабочей жидкости в зависимости от материала порошка, его дисперсности и типа жидкости. Экспериментально установлено, что для повышения эффективности высоковольтной импульсной обработки порошков необходимо обеспечить наличие обрабатываемых частиц порошков в зоне экваториального пикового давления волны сжатия. Управление процессом воздействия за счет изменения частоты следования импульсов в процессе обработки позволяет значительно повысить эффективность технологии высоковольтной электроразрядной обработки порошков.

Работа выполнена при частичной поддержке Гранта НАН Украины научно-исследовательских работ молодых ученых в 2016 г. (тема № П-18-15, № ГР 0115U003864).

ВПЛИВ ВЗАЄМОПОВ'ЯЗАНИХ КОЛИВАНЬ РІЗАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ НА СТРУЖКОДРОБЛЕННЯ ПРИ БАГАТОЛЕЗОВОМУ ТОЧІННІ

Луців І.В., Стахурський О.О.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)

Зливна стружка, яка утворюється в процесі обробки в'язких матеріалів, істотно заважає ефективній роботі металообробного обладнання, а в окремих випадках призводить до його виходу з ладу. Така стружка також є травмонебезпечною для обслуговуючого персоналу. Тому подрібнення стружки є невід'ємним етапом металообробки в сучасному машинобудуванні.

Використання багатолезового оснащення дозволяє поряд із забезпеченням високоякісних характеристик обробки підвищити ефективність подрібнення стружки в процесі точіння, зокрема, на основі керування кінематикою обробки [1]. При цьому доцільно застосувати самоналагоджувальну багатоінструментальну систему адаптивного типу, коли різальні елементи здійснюють узгоджені коливання у поздовжньому напрямі.

При такій багатолезовій обробці можна керувати параметрами процесу дроблення стружки, а саме – часом циклу утворення елементів стружки і відповідно її довжиною. У цьому випадку слід забезпечувати раціональні параметри налагодження як самого верстатно-інструментального оснащення, так і технологічного процесу [2].

Найбільш суттєвим для формування стружки є товщина зрізаного шару, значення переднього кута інструменту та швидкості різання. Зливна стружка, наприклад, при дволезовій токарній обробці із взаємопов'язаними коливаннями різальних елементів, на перший погляд, не відрізняється від стружки, отриманої при звичайному поздовжньому точінні, проте, в дійсності, при такій обробці діє ряд факторів, що суттєво впливають на стружкоутворення. Подача при багатолезовому різанні (зокрема точінні) поділяється між різальними елементами і є величиною змінною. Таким чином, змінною є і товщина зрізаного шару кожним різцем, змінюються і кінематичні передні кути різальних елементів. Величина товщини зрізаного шару є пропорційною величині подачі s : $a_{zp} = s \sin \varphi$, де φ – головний кут в плані різця. Очевидно, що при багатолезовій обробці із коливаннями n різальних елементів товщина зрізу є величиною змінною: $a_{zp} = s / n [1 + \Delta s_n(t) / s] \times \sin \varphi$, 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 однорізцевої обробці, але змінної товщини. Це створює умови для переходу, при певних умовах, зливної стружки в елементну.

На основі портретів розгортки обробленої поверхні з траєкторіями руху різальних лез отримані співвідношення між подачами різальних елементів на відповідних етапах утворення стружки при використанні технологічного багаторізцевого оснащення адаптивного типу.

Як приклад наведемо один із варіантів багаторізцевої системи із коливаннями. Його ілюструє випадок (рис. 1), коли один із різців закріплений жорстко (тобто є відносно пасивним), а інший – підпружинений (він є відносно активним). Активний супорт 1 має відносні осьові переміщення (коливання A) в межах подачі пасивного. Він закріплений на корпусі пристрою і направляється напрямними колонками, що забезпечує відповідну точність механізму. Налагоджування на розмір здійснюється за контрольними шаблонами. Пасивний супорт 2 має постійну подачу s_2 і пов'язаний з активним підпружиненим супортом 1, який отримує відповідний коливний рух. При цьому $s_2 = \text{var}$, $s_1 = \text{const}$, $t_1 = t_2$, $\varphi_1 \neq \varphi_2$. Таким чином, дроблення стружки забезпечується коливаннями подачі з амплітудою A .

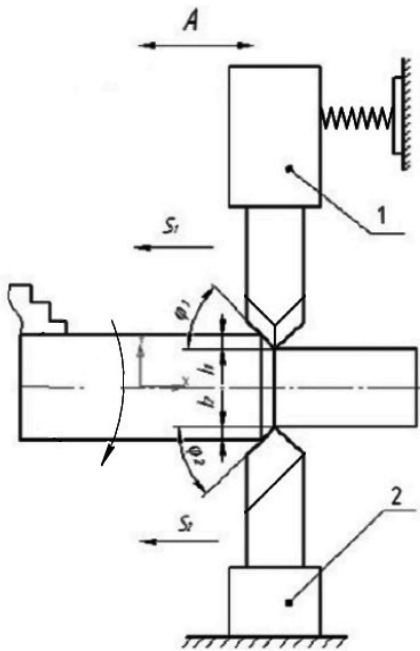


Рисунок 1. Схема установки для подрібнення стружки з пружним зв'язком

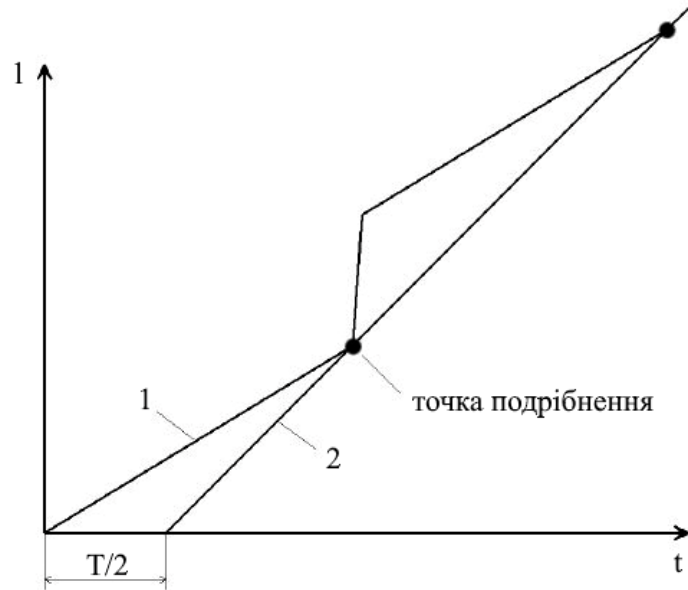


Рисунок 2. Циклограма процесу стружкоподрібнення при дволезовій обробці з підпружиненим різцем

Циклограма процесу подрібнення представлена на рис. 2. Внаслідок відносного відставання руху активного підпружиненого різального елемента 1 від пасивного елемента 2 (вони зміщені на півоберта заготовки $T/2$) сліди їх на деталі за певний час перетнуться у точці подрібнення. Таким чином відбувається кінематичне відділення елементів стружки, тобто її гарантоване дроблення.

При стружкоподрібненні із такою обробкою утворюються елементи стружки певного розміру. При різних режимах і геометрії різальних лез досягається стабільне подрібнення. Для вивчення цього процесу оброблялась деталь із сталі 40ХН. Ситовий аналіз дозволив розділити стружку на фракції різної довжини. При цьому було помічено, що майже 80 % вмісту фракцій стружки для самоналагоджувального інструменту відповідали очікуваному діапазону 4...6 мм, який був попередньо розрахований відповідно до режимів обробки, тоді як для жорсткого інструменту ця величина майже ніколи не досягала 40 % і в загальному була випадковою, а стружка, в основному, була неперервною.

Висновки. Порівнюючи отримані результати при стружкодробленні з використанням взаємопов'язаних коливань різальних елементів переконуємось, що формування певного розміру стружки, який є найбільш прийнятним до транспортування і одночасно не заважає протіканню процесу різання є здебільшого на 20...40 % стабільнішим, ніж при обробці жорстким інструментом, коли впливати на процес утворення стружки майже неможливо.

ЛІТЕРАТУРА

1. Луцив І.В. Эффективные способы дробления сливной стружки/ Луцив І.В., Нагорняк С.Г.// Технология и организация производства. – 1990. – №4. – С.30-32.
2. Технологічне оснащення для високоефективної обробки деталей на токарних верстатах: Монографія/ [Кузнецов Ю.М., Луцив І.В., Шевченко О.В., Волошин В.Н.]. – К.:– Тернопіль: Терно-граф, 2011. – 692 с.

ВПЛИВ ВОДНЮ І АЗОТУ НА ТЕМПЕРАТУРУ ТОЧКИ КЮРІ ТА КОНСТАНТУ МАГНІТОСТРИКЦІЇ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ МАГНІТНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ РЗМ

¹Наговська І.В., ¹Федоров В.В., ²Прокоп'юк В.А., ²Бачинський Ю.Г.

¹Фізико-механічний інститут ім. Г.В.Карпенка НАН України, Україна

²Тернопільський національний педагогічний університет ім. В.Гнатюка, Україна

Відомо [1], що функціональні матеріали — це, в основному, подвійні або потрійні сплави чи сполуки на основі перехідних металів, які, маючи особливу електронну структуру, володіють низкою цінних фізичних властивостей і знайшли широке застосування у техніці. Сьогодні особлива увага дослідників спрямована на розроблення нових магнітних матеріалів на основі сплавів d-перехідних та рідкісноземельних металів (РЗМ). Як технологічне середовище при їх обробці часто застосовують водень [2]. При цьому наводнювання сплавів та сполук на основі РЗМ може приводити як до зростання, так і до зменшення величини обмінної електронної взаємодії, яка визначає магнітні характеристики матеріалу, зокрема зміну температури точки Кюрі. Їх величина залежить не тільки від хімічного складу сплаву, але й від умов проведення хіміко-термічної обробки. Особливо це стосується явища магнітострикції, яке полягає у зміні форми і розмірів зразків у магнітному полі і оцінюється константою магнітострикції $\lambda = \Delta l / l$, де Δl – видовження зразка за накладання магнітного поля, а l – його довжина.

Таблиця 1. Вплив умов наводнювання на точку Кюрі та константу магнітострикції λ деяких сплавів на основі d-перехідних металів та РЗМ [3-5].

Матеріал	Умови обробки	Точка Кюрі, °С	$\lambda \cdot 10^6$
K50Ф2	Вихідний зразок	820	64
	$P_{H_2}=0,1$ МПа, 750°С, 3 год. Дегазація, 750°С, 1 год.	820	95
Dy ₂ Fe ₁₇	Вихідний зразок	90	540
	$P_{H_2}=0,1$ МПа, 600°С, 3 год.	160	660
	Dy ₂ Fe ₁₇ H ₃ *	245	-
	Dy ₂ Fe ₁₇ N _{2,8} *	452	-
Tb _{0,27} Dy _{0,73} Fe ₂ (терфенол)	Вихідний зразок	400	980
	$P_{H_2}=0,1$ МПа, 500°С, 3 год. Дегазація, 500°С, 1 год.	370	710
	Вихідний зразок*	413	1080
	Tb _{0,27} Dy _{0,73} Fe ₂ H ₃ *	15	160

* літературні дані.

Практично всі інтерметалічні сполуки на основі рідкісноземельних РЗМ(R) і 3d-перехідних металів типу R₂T₁₇, R₂T₁₄В та фаз Лавеса RT₂ (Т = Fe,Co) володіють так званими “гігантськими” значеннями константи магнітострикції λ [1]. На основі проведених нами досліджень встановлено, що оптимальний результат водневої обробки отримується, коли обидва компоненти сплавів є феромагнетиками [3].

Проведеними раніше дослідженнями показано [4], що у випадку феромагнітних d-перехідних металів і їх сплавів λ після термообробки у водні зростає. Наприклад, для промислового магнітострикційного залізо-кобальтового сплаву K50Ф2 на 45-50% за рахунок збільшення об'ємного вмісту впорядкованої феромагнітної фази FeCo під впливом розчиненого водню (наведені у табл.1 значення λ отримані при кімнатній температурі). У цих дослідженнях після водневої обробки проводили дегазацію зразків у вакуумі для запобігання водневою окрихченню при охолодженні. При цьому температура точки Кюрі

сплаву K50F2 залишається без змін. Це зумовлено тим, що тут при температурі 820 °С має місце не магнітне, а поліморфне перетворення - так званий «псевдомагнітний» перехід феромагнітної α -фази у парамагнітну γ -фазу, критична температура якого за тиску водню в експерименті 0,1 МПа практично не змінюється.

Більш складна ситуація має місце у сплавах і сполуках на основі РЗМ, які активно взаємодіють з воднем, утворюючи стабільні гідриди. При цьому залежно від типу інтерметалічної сполуки наводнювання може приводити до зменшення або збільшення температури точки Кюрі і магнітного моменту. Фізичний механізм цього процесу на даний час недостатньо вивчений. Встановлено [5], що температура точки Кюрі T_c сплаву з найбільшим у світі на даний час значенням $\lambda = 1080$ (терфенол - $Tb_{0,27}Dy_{0,73}Fe_2$) за наводнювання різко зменшується до кімнатних температур (від 413 до 15 °С). Аналогічно зменшується і величина λ (табл.1). Тому наводнювання було визнане неперспективним з точки зору покращення цієї характеристики. Крім того, після проведеної нами дегазації і температура точки Кюрі, і λ до вихідних значень не відновлюються. Однак, у випадку дослідження інтерметалічної сполуки Dy_2Fe_{17} було показано, що формування гідриду складу $Dy_2Fe_{17}H_3^*$ призводить до зростання точки Кюрі від 90 до 245°С. При цьому вимірювання константи магнітострикції не проводили. Проведені нами дослідження показали [3], що наводнювання сполуки Dy_2Fe_{17} за описаними в табл. 1 умовами призводить до зростання температури точки Кюрі від 90 до 160 °С – при цьому λ зростає від 540 до 660×10^{-6} . На основі цих даних можна зробити висновок, що найперспективнішими для застосування водневої обробки є магнітострикційні сплави типу R_2T_{17} , у яких компоненти взаємодіють між собою феромагнітно. При чому на відміну від феромагнітних сплавів на основі 3d-перехідних металів їх не потрібно дегазувати, а навпаки – слід зупинити процес наводнювання на стадії гідрування.

Висновки. Обов'язкова умова вибору сполук-кандидатів для водневої обробки - і РЗМ, і d-перехідний метал повинні бути феромагнетиками, а сама сполука має бути феромагнітною. Крім того, не тільки водень, але й азот збільшує температуру точки Кюрі (сполука $Dy_2Fe_{17}N_{2,8}$ у табл.1). Це дозволяє провести водневу обробку для покращення магнітострикції функціональних магнітних матеріалів попередньо модифікованих азотом або провести азотування зразків з газової фази після наводнювання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Мишин Д.Д. Магнитные материалы. – М.: Выс. шк., 1991. – 384 с.
2. Федоров В.В. Застосування водню в термічній обробці металів і сплавів // Фізико-хімічна механіка матеріалів. Під. ред В.В.Панасюка .- Львів: НАН України, Фіз. –мех. ін-т ім. Г.В.Карпенка, 2010. – С. 372–392.
3. Вплив процесу гідридоутворення на константу магнітострикції сплавів на основі рідкісноземельних металів / Р.І. Іваницький, І.В. Наговська, В.А. Прокоп'юк, А.М. Тростянчин, Я.П. Замора // Вісник Херсонської державної морської академії. – 2012. – Вип. 1(6). – С.243 – 252.
4. Effect of the anisotropy of forge-rolling and thermal treatment in hydrogen on the magnetostriction of K50F2 alloy / Yu.H. Bachynskyi, S.V. Mochyn, R.I. Ivanytskyi, Ya.P. Zamora, V.A. Prokopiuk, V.V. Fedorov // Materials Science. – 2007.- Vol.43.- No. 5.- s. 742-745.
5. Влияние гидрирования на магнитные и магнитоупругие свойства соединений $Tb_{0,27}Dy_{0,73}Fe_2$ и $Tb_{0,27}Dy_{0,73}Co_2$ с компенсированной магнитной анизотропией / Г.А.Политова, И.С.Терешина, С.А.Никитин и др. // Физика твердого тела.- 2005.- Т.47.- вып.10.- С. 1834-1838.

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ НАГРЕВА В ПРОЦЕССЕ ИСКРО-ПЛАЗМЕННОГО СПЕКАНИЯ НА ТВЕРДОСТЬ И ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ БОРСОДЕРЖАЩИХ КАРБИДОСТАЛЕЙ

Присташ Н.С., Зайченко А.Д., Коваленко А.А.

Институт импульсных процессов и технологий НАН Украины (Украина)

Современная промышленность нуждается в конструкционных материалах с высокими показателями твердости и износостойкости, которые заменили бы дорогостоящие вольфрамсодержащие материалы. В институте импульсных процессов и технологий НАН Украины разработана технология получения карбидосталей системы Fe – Ti – C – B с применением высококонцентрированных потоков энергии при которой дисперсноупрочняющие добавки 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) за счет высоких скоростей нагрева.

Целью работы было: установить закономерности влияния скорости нагрева при ИПС на структуру и свойства дисперсно-упрочненных материалов на основе системы Fe – Ti – C – B

В качестве шихты для спекания были выбрана смесь порошков исходного массового состава 75 % Fe – 20 % Ti – 5% В₄С, которая была обработана ВЭР с удельной энергией 6,25 МДж/кг, что обеспечило содержание упрочняющей фазы до 25 %, размер которой от 100 нм до 600 нм и средний диаметр частиц металла-матрицы ~ 15 мкм.

ИПС проводилось при температуре изотермической выдержки 1100 °С, время выдержки $\tau = 180$ с, скорость охлаждения 10 °С/с. Скорость нагрева изменялась в диапазоне от 10 °С/с до 20 °С/с за счет увеличения скорости нарастания амплитуды силы тока с 14 А/с до 30 А/с.

Средний размер зерна матрицы системы Fe – Ti – C – B после ВЭР обработки составляет ~ 0,5 мкм. В процессе ИПС со скоростью с 10 °С/с его средний размер увеличивается до ~2,5 мкм. Увеличение скорости нагрева до 20 °С/с позволило уменьшить средний размер зерна матрицы после спекания до ~1,5 мкм

Увеличение скорости нагрева при ИПС так же привело к увеличению твердости с 48 HRC до 70 HRC и износостойкости - потеря массы для образцов, консолидированных со скоростью нагрева 20 °С/с составила 0,2 %, что в 7 раз ниже чем у образцов стали Р6М5 (твердость 60 HRC). Это связано с распадом остаточного карбида бора и протеканием процесса карбидо- и боридообразования в процессе нагрева, который характеризуется выделением тепла.

Выводы. Экспериментально установлено, что увеличение скорости нагрева образцов с 10 °С/с до 20 °С/с за счет увеличения скорости нарастания тока позволяет уменьшить средний размер зерна в матрице материала системы Fe – Ti – C – B с 2,5 до 1,5 мкм. Установлено что увеличение скорости нагрева с 10 °С/с до 20 °С/с способствует увеличению твердости материала с 48 HRC до 70 HRC и износостойкости в 7 раз по сравнению со сталью Р6М5.

ВПЛИВ ПРИРОДИ ДВОКОМПОНЕНТНОГО ПОЛІДИСПЕРСНОГО НАПОВНЮВАЧА І ТЕМПЕРАТУРИ НА ПИТОМІЙ ЕЛЕКТРООПІР КОМПЗИТІВ НА ОСНОВІ ПЛАСТИФІКОВАНОЇ ЕПОКСИДНОЇ МАТРИЦІ

Редько О.І., Редько Р.Г.

Луцький національний технічний університет (Україна)

Експериментально встановлено, що питомий електроопір КМ суттєво залежить від природи наповнювача, когезійної міцності покриттів та температури навколишнього середовища (рис. 1). Показано, що початковий питомий електроопір пластифікованої епоксидної матриці (при $T=293\text{K}$) становить $\rho=44,1\text{Ом}\cdot\text{м}$. При збільшенні температури електроопір зменшується і при $T=353\text{K}$ ($R<30\text{Ом}\cdot\text{м}$) зразок втрачає діелектричні властивості (табл. 1).

Отримані результати корелюють з результатами випробування теплофізичних і фізико-механічних властивостей епоксидної матриці [6]. Зокрема показано, що зразки, сформовані на основі пластифікованої дибутилфталатом епоксидної матриці, характеризуються невисокими показниками теплостійкості і значним термічним коефіцієнтом лінійного розширення, що свідчить про підвищений вміст золь-фракції у матеріалі.

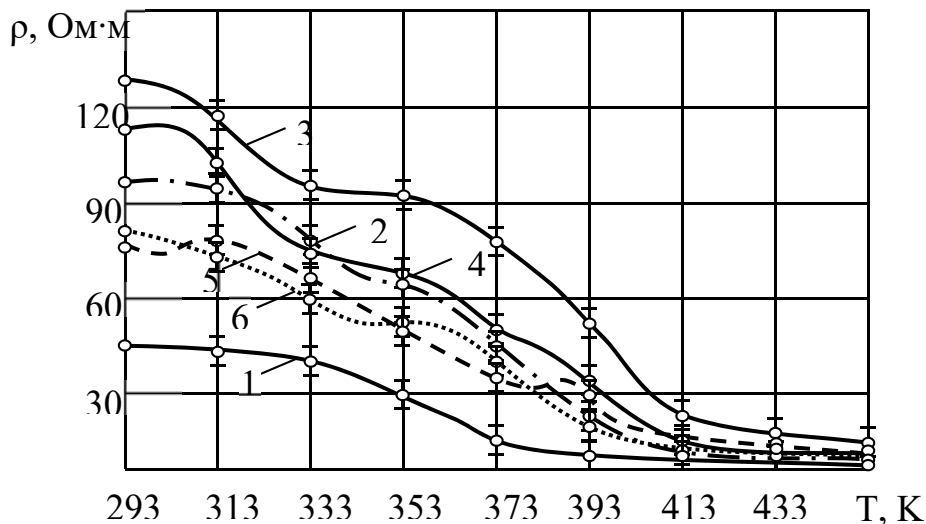


Рисунок 1. Вплив природи двокомпонентного полідисперсного наповнювача і температури на питомий електроопір композитів на основі пластифікованої епоксидної матриці (мас.ч. на 100мас.ч. епоксидного олігомера ЕД-20 і 8мас.ч. дибутилфталату):

1 – матриця; 2 – 3М (20) + СВ (5); 3 – 3М (30) + СВ (20); 4 – КШ (50) + Cr₂O₃ (50); 5 – SiC (60) + ВВ (20); 6 – SiC (80) + Cr₂O₃ (40)

Надалі досліджували електроопір КМ, що містять двокомпонентний полідисперсний наповнювач різної фізичної природи. Встановлено (рис. 1, табл. 1), що введення наповнювача у епоксидний зв'язувач забезпечує поліпшення діелектричних властивостей композитів порівняно з матрицею. Доведено, що введення у зв'язувач як основного наповнювача часток карбіду кремнію і додаткового наповнювача СВ (покриття 5) та Cr₂O₃ (покриття 6) забезпечує формування матеріалів з початковим питомим електроопором, який становить $\rho=76,2\text{Ом}\cdot\text{м}$ і $\rho=79,6\text{Ом}\cdot\text{м}$ відповідно.

Поліпшення діелектричних властивостей композитів порівняно з вихідною матрицею можна пояснити впливом поверхні часток на активацію фізико-хімічних процесів при

структурування матеріалів. Відомо, що при зшиванні епоксидних КМ навколо часток у зв'язувачі формуються зовнішні поверхневі шари (ЗПШ) з поліпшеними властивостями [1-5]. Об'єм таких шарів залежить від активності наповнювача і топології його поверхні.

Таблиця 1. Діелектричні властивості матеріалів при частоті 1 кГц

Матеріал	Наповнювачі		Початковий питомий електроопір при 293 К, ρ , Ом·м	Температура, при якій зразок втрачає діелектричні властивості ($R < 30 \text{ Ом} \cdot \text{м}$), К
	Тип наповнювача	Вміст наповнювача, φ , мас.ч.		
Покриття 1	-	-	44,1	353
Покриття 2	ЗМ	20	98,3	387
	СВ	5		
Покриття 3	ЗМ	30	128,6	407
	СВ	20		
Покриття 4	КШ	50	114,4	396
	Cr ₂ O ₃	50		
Покриття 5	SiC	60	76,2	393
	СВ	20		
Покриття 6	SiC	80	79,6	378
	Cr ₂ O ₃	40		

Додатково показано, що введення як основного наповнювача часток КШ і додаткового Cr₂O₃ (покриття 4) приводить до суттєвого підвищення когезійної міцності КМ, підтвердженням чого слугують показники початкового питомого електроопору КМ ($\rho=114,4 \text{ Ом} \cdot \text{м}$) і температура втрати діелектричних властивостей $T=396 \text{ К}$ (рис. 1, табл. 1).

Крім того встановлено, що найкращими діелектричними властивостями характеризується покриття 3 (рис. 1). Підвищення температури до $T=333...353 \text{ К}$ забезпечує несуттєве зменшення діелектричних характеристик КМ, при цьому електроопір набуває значень $\rho=93...97 \text{ Ом} \cdot \text{м}$. Надалі зростання температури призводить до різкого зменшення показників електроопору КМ, наповнених ЗМ і СВ, які втрачають діелектричні властивості при температурі $T=407 \text{ К}$.

Отже, на основі порівняльного аналізу діелектричних властивостей (динаміки питомого електроопору при підвищенні температури) можна стверджувати, що серед усіх досліджуваних матеріалів найкращу когезійну міцність мають покриття, наповнені частками ЗМ (30 мас.ч.) і СВ (20 мас.ч.). Зазначимо, що отримані результати дослідження динаміки електроопору КМ при зростанні температури добре узгоджуються з експериментальними випробуваннями адгезійно-когезійних властивостей епоксикомпозитів з двокомпонентним полідисперсним наповнювачем.

ЛІТЕРАТУРА

1. Kal'ba E.M., Buketov A.V., Savchuk P.P. and Holotenko S.M. Adhesion strength of polymer-containing protective coatings // Materials Science. Chemistry and Materials Science.- New York.- Volume 35, Number 1/January.- 1999.- P.125-128.

2. Mamunya Ye.P., Davydenko V.V., Apekis L., Zois H., Snarskii A.A., Slipchenko K.V. Dielectric properties of polymers filled with dispersed metals // Polym. & Polym. Compos.-2002.- V.10, N 3.-P.219-227.

4. Букетов А.В., Стухляк П.Д., Добротвор І.Г. Дослідження корозійної тривкості епоксикомпозитних покриттів // Фізико-хімічна механіка матеріалів.-2008.-Спец. вип. №7.- С.448-452.

5. Стухляк П.Д., Букетов А.В. Епоксикомпозитні матеріали, модифіковані ультрафіолетовим опроміненням.-Тернопіль: Збруч.-2009.- 237с.

6. Стухляк П.Д., Букетов А.В., Редько О.І. Дослідження адгезійних властивостей і залишкових напружень у пластифікованій дибутилфталатом епоксидній матриці // Вісник ХНТУСГ.-Харків: ХНТУСГ.-Вип.96.-2010.-С.416-426.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕРМІЧНОЇ СТІЙКОСТІ ПОЛІНАПОВНЕНОГО ЕПОКСИКОМПОЗИТНОГО МАТЕРІАЛУ ТРИБОТЕХНІЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Садова О.Л., Кашицький В.П.

Луцький національний технічний університет (Україна)

Вступ. Для визначення термостійкості полімерів та композитів досить часто застосовують методи диференційно-скануючої калориметрії та термогравіметрії. Дані методи дозволяють визначити їх робочу температуру експлуатації, оскільки в інтервалі температур 200...5000 К більшість полімерів проходять через певні фізичні стани (склоподібний, високо еластичний, в'язкотекучий), а при температурах вищих 500 К починається термодеструкція полімерної фази і поступове руйнування матеріалу [1].

Найпоширенішим високочутливим методом термічного аналізу, який дозволяє виявити фазові перетворення і хімічні реакції по термічних ефектах, які викликають зміни в матеріалі при нагріванні та охолодженні, є диференціально-термічний аналіз (ДТА). За допомогою аналізу реєструють зміну різниці температур ΔT з часом між досліджуваним зразком і еталоном (найчастіше Al_2O_3), в якому не відбувається ніяких перетворень в даному інтервалі температур. Мінімуми на кривій ДТА відповідають ендотермічним процесам (більшість процесів), а максимуми – екзотермічним (структурні процеси та деякі окисно-відновні). Дані ефекти обумовлені плавленням, зміною кристалічної структури, руйнування кристалічної решітки, випаровуванням, кипінням, хімічними процесами такими, як дисоціація, розпад, дегідратація, окисно-відновні тощо.

Постановка задачі дослідження. Перетворення у багатьох випадках пов'язані також зі зміною маси зразка, що з великою точністю може бути визначено за допомогою термогравіметричного аналізу (ТГА). За даним аналізом можна простежити за зміною маси проби під час підвищення температури [2]. В дериватографічному аналізі фіксують криві нагрівання або охолодження досліджуваного зразка, тобто зміни температури останнього із часом. Якщо в матеріалі відбувається фазові перетворення, то на кривій з'являються ділянки або переломи [1].

Метою даного дослідження було встановити термостійкість полінаповненого епоксикомпозитного матеріалу триботехнічного призначення.

Результати досліджень. Для дослідження впливу природи в'язучого і двокомпонентного бідисперсного наповнювача на термічні перетворення композитів застосовували метод термогравіметричного (ТГА) і диференціально термічного аналізу (ДТА), використовуючи дериватограф «Thermoscan-2». Дослідження проводили у температурному діапазоні $\Delta T = 298...773$ К, використовуючи кварцові тиглі для зразків об'ємом $V = 0,5$ см³. Під час дослідження швидкість підйому температури становила $v = 5$ К/хв, при цьому як еталонну речовину використовували Al_2O_3 ($m = 0,5$ г), наважка досліджуваного зразка становила – $m = 0,3$ г. Похибка визначення температури становила $\Delta T = \pm 1$ К. Точність визначення теплових ефектів – 3 Дж/г. Точність визначення зміни ваги зразка – $\Delta m = 0,02$ г. Зразки в процесі проведення дериватографічного аналізу нагрівали до температури 773 К.

Для дослідження термостійкості був вибраний зразок із композитного матеріалу триботехнічного призначення на основі епоксидного в'язучого (ЕД-20), наповнений порошками оксиду міді, чистої міді та подрібненим вуглецевим волокном в кількості 100 мас. ч, 16 мас. ч. та 2 мас. ч. відповідно.

Епоксикомпозитні зразки формували в прес-формі під тиском 300 МПа протягом 24 год., після чого для останніх було проведено попередню додаткову обробку (витримка при 40° С протягом 3 год.). Далі проведено основну термічну обробку за ступінчастим режимом: 1 год. при 50 С, 1 год. при 100 С, 4 год. при 120 С.

В результаті проведення досліджень, показано, що в діапазоні температур 293...593 К відсутня втрата маси досліджуваного композитного матеріалу на кривій дериваграфічного аналізу. Це можна пояснити незначним вмістом золь-фракції і вологи в матеріалі. Наявність ендотермічних піків в даному діапазоні температур відповідає плавленню кристалічної складової композиції [3-5].

Встановлено, що під час нагрівання зразка до даної температури не спостерігається деструкція матеріалу. Це вказує на оптимальний вміст наповнювачів та достатню кількість вузлів зшивання останніх з епоксидною матрицею, що призводить до ущільнення густини просторової сітки матриці та зниження рухливості сегментів макромолекул. Дані процеси сприяють покращенню термостійкості полімерних систем, гальмуючи процеси деструкції. Даний інтервал температур характеризується рядом екзо- та ендотермічних ефектів.

Наявність піків до 613 К свідчить про екзотермічні процеси розкладу епоксидної матриці внаслідок утворення поверхневих функціональних груп ($-OH$ і $-COOH$). Низькі значення втрати маси за невисоких температур пояснюються видаленням сорбованих форм води, що підтверджує перший ендотермічний мінімум на кривій ДТА. За температур вищих 593 К відбувається початок деструкції фрагментів поверхні з функціональними групами $-COOH$, перетворення вуглецевих структур з утворенням подвійних зв'язків $C=C$ та виділенням водню, а також вигорання вуглецю [1, 3-6].

В діапазоні температур 593...613 К спостерігається зниження втрати маси зразка на 20%, що супроводжується після екзотермічного ефекту ендотермічним на кривій диференціально-термічний аналізу. Це вказує на початок розкладу епоксидного полімеру, що призводить до появи процесів деструкції. Під час екзотермічного ефекту відбувається згоряння кінцевих продуктів розкладу епоксидного полімеру. Наповнювачі змінюють структуру полімеркомпозиту, що сприяє підвищенню термостійкості і зростанню когезійної міцності [4-6]. Максимальна температура екзоэффекту становить 483 К. Температура, за якої матеріал повністю втрачає термічну стійкість, становить 753 К.

Оскільки за температур вищих 593 К спостерігається лише початок деструкційних процесів матеріалу, що супроводжується незначною втратою маси зразка, то можна стверджувати, що розроблений матеріал характеризується високою термостійкістю.

Висновки. Експериментально підтверджено, що розроблений матеріал триботехнічного призначення характеризується відносно високою термостійкістю серед композитних матеріалів на основі епоксидних полімерів, що дозволяє його використовувати за підвищених температур експлуатації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Віленський В.О. Теплофізичні властивості й термодеструкція нанокompозитів, отверднених у сталих фізичних полях. / [В.О. Віленський, Ю.В. Бардадим, С.В. Рябов, Т.В. Дмитрієва]. – Наукові вісті НТУУ "КПІ". – 2013. – № 5 – С. 107-114.
2. Зиман З.З. Ткаченко М.В., Глушко В.І., Подус Л.П. Методичні вказівки до виконання спецпрактикуму з мікроскопії, спектроскопії та термічного аналізу твердих тіл. – Х.: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2008. – 40 с.
3. Лобко Є.В. Вплив мультипротонних карбонових кислот на термостійкість епоксидних композицій. / [Є.В. Лобко, Н.В. Козак, Г.М. Нестеренко, В.В. Клепко]. Вопросы химии и химической технологии. – 2012. – № 2. – С. 53-58.
4. Рачій Б.І. Структурно-функціональні особливості вуглецевих наноматеріалів. / Б. І. Рачій, Л. Ю. Куницька, В. В. Трачевський та ін. Наносистеми, наноматеріали, нанотехнології. – 2010. – Т. 8. – № 3. – С. 651-662.
5. Лавренюк О.І. Компонентний склад та токсичність продуктів термоокисної деструкції епоксиолімерів. – Вісник ЛДУ БЖД. – 2013. – № 7 – С. 189-193.
6. Пентин Ю.А. Физические методы исследования в химии. / Ю.А. Пентин, Л.В. Вилков. – М., Мир. – 2003. – 286 с.

ОСОБЛИВОСТІ ВПЛИВУ ДИСПЕРНИХ ДОБАВОК НА ПЕРЕБІГ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛООВОГО РОЗШИРЕННЯ ЕПОКСИДНИХ КОМПОЗИТІВ

¹Сапронов О.О., ¹Букетова Н.М., ¹Лещенко О.В., ²Яцюк В.М., ³Ярема І.Т.

¹*Херсонська державна морська академія (Україна)*

²*Тернопільський науково-дослідний експертно-криміналістичний
центр УМВС України (Україна)*

³*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)*

Постановка проблеми. На сьогодні композитні матеріали (КМ) використовують у багатьох галузях промисловості, зокрема і у суднобудуванні. Значного поширення отримали композити на основі епоксидних зв'язувачів за рахунок поліпшених як адгезійних, так і фізико-механічних властивостей. При цьому одним із способів підвищення експлуатаційних характеристик КМ є введення у зв'язувач критичного вмісту наповнювачів різної дисперсності та фізико-хімічної природи. На сьогодні практичне і наукове значення мають результати дослідження впливу активних добавок на властивості матеріалів, а також аналіз фізико-хімічних процесів структуроутворення композитів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. При експлуатації захисного покриття значної уваги приділяють здатності матеріалів чинити опір деформаціям під дією температури. Зважаючи на зазначене вище, дослідження перебігу процесів теплообміну у епоксидних композитах під впливом температури є досить важливим при встановленні закономірностей і кореляції динаміки властивостей матеріалів у критичних умовах експлуатації.

Мета роботи – встановити оптимальний вміст дисперсних часток, що є відходами від промислового виробництва, у полімерних композитах з поліпшеними теплофізичними властивостями.

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 конвертерного шлаку (КвШ) з дисперсністю $d = 60 \dots 63$ мкм. Дослідження проводили у діапазоні температур $T = 303 \dots 473$ К. Вміст наповнювача КвШ змінювали у межах $q = 10 \dots 80$ мас.ч.

Результати дослідження теплофізичних властивостей КМ дозволяють констатувати, що максимальними показниками теплостійкості ($T = 356$ К) відзначається композит із вмістом часток КвШ у кількості $q = 60 \dots 80$ мас.ч. Введення КвШ за такого вмісту зумовлює перебіг фізико-хімічних процесів взаємодії активних центрів часток наповнювача із макромолекулами та сегментами епоксидного зв'язувача. Введення у КМ часток КвШ понад $q = 80$ мас.ч. не є доцільним, позаяк у цьому випадку формуються матеріали з дефектною структурою, що призводить до їх передчасного руйнування у процесі експлуатації. Аналіз поведінки розроблених композитів під впливом теплового поля (у діапазоні температур $\Delta T = 303 \dots 473$ К) дозволяє констатувати, що найменшим показником ТКЛР у області лінійного розширення $\Delta T = 303 \dots 473$ К характеризується КМ із вмістом часток КвШ – $q = 40 \dots 80$ мас.ч. Значення ТКЛР розроблених матеріалів становить $\alpha = 4,07 \dots 5,09 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$. Тобто, введення КвШ за критичного вмісту зумовлює ущільнення макроланцюгів та сегментів зв'язувача при зшиванні КМ, що обмежує їх рухливість у об'ємі матеріалів при підвищенні температури навколишнього середовища.

Висновки. На основі отриманих результатів дослідження можна стверджувати, що композитні матеріали за вмісту конвертерного шлаку $q = 60 \dots 80$ мас.ч. характеризується поліпшеними теплофізичними властивостями. Теплостійкість (за Мартенсом) таких композитів становить $T = 356$ К, термічний коефіцієнт лінійного розширення за діапазону температур ($\Delta T = 303 \dots 473$ К) – $\alpha = 4,07 \dots 5,09 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$, температура склування $T_c = 349$ К.

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ГАЗОТЕРМИЧЕСКОГО ПОКРЫТИЯ НА ОТРЫВ

Спихтаренко В.В., Лой С.А., Ермолаев Г.В., Матвиенко М.В.

Национальный университет кораблестроения, Херсонский филиал (Украина)

Для повышения работоспособности и долговечности деталей газовых турбин широко используются специальные защитные покрытия [1-3]. Эти покрытия должны обладать достаточной пластичностью и прочностью и не растрескиваться под действием механических и термических нагрузок. На сопротивление покрытия разрушению большое влияние оказывают как прочность напыляемого материала, так и прочность его сцепления с подложкой.

Для оценки прочности сцепления покрытия с подложкой используют специальные образцы с нанесенным покрытием [4]. В частности, одним из наиболее распространенных является метод вытягивания штифта. Недостатком этого метода является концентрация напряжений в точке сопряжения штифта и втулки (основы), приводящая к разрушению напыленного слоя. Поэтому качественным критерием прочности при этом испытании служит характер разрушения – отделением покрытия от нагружаемого штока или вырывом части покрытия вместе со штоком. К сожалению, при этом не определяют количественных характеристик ни прочности сцепления напыленного слоя, ни его материала. Это затрудняет обобщение результатов многочисленных экспериментов, проводимых на образцах из различных материалов подложек и покрытий.

Исследования выполнялись методом компьютерного моделирования на базе метода конечных элементов (КЭ) с использованием программного комплекса ANSYS. Исследовали образцы типа втулки со штоком с нанесенным на их верхнюю поверхность покрытием, которые используются при испытаниях на прочность [4]. Решалась осесимметричная упругая задача. Варьировались толщина и модуль упругости материала покрытия. Модуль упругости образца для испытаний (втулки и штифта) принимался при этом постоянным, равным $2 \cdot 10^5$ МПа. Коэффициенты Пуассона для всех материалов подложек и покрытий принимался 0,3.

Узлы нагружались приложением к штоку растягивающей нагрузки P , создающей в нем напряжения 20 МПа.

Исследованные варианты моделей показали, что радиальные и окружные напряжения достигают большой величины на верхней внешней поверхности напыленного слоя, но они в пределах диаметра штока – сжимающие.

Анализ эпюр распределения напряжений вдоль границы раздела материалов напыленного слоя и подложки показал, что их характер при изменении жесткости в довольно широких пределах (в 3 раза) меняется мало.

В наибольшей степени изменение заметно для радиальных напряжений. С увеличением жесткости в 3 раза уровень максимальных радиальных напряжений растяжения на участке штока увеличивается до 1,5 раз (рисунок 1,а), приближаясь к уровню приложенных к штоку в осевом направлении 20 МПа. По мере удаления от точки максимума напряжения уменьшаются до нуля тем быстрее, чем меньше жесткость материала напыленного слоя. При дальнейшем удалении они меняют знак и снова увеличиваются. Аналогично изменяются и окружные напряжения.

В непосредственной близости от точки сопряжения шток-втулка создаются благоприятные условия для образования трещины (разрушения) в напыленном слое. При этом вероятность разрушения увеличивается с увеличением его жесткости.

Эпюры осевых и касательных напряжений (рисунок 1, б и в) при изменении жесткости напыленного слоя практически не меняются. Изменяется только уровень максимума, в наименьшей мере осевых (10...20%), в несколько большей степени касательных (25...35%).

При этом уровень максимальных осевых (50...60 МПа) и касательных (55...90МПа) напряжений в значительной мере превышает уровень приложенных к штоку (20 МПа). С увеличением жесткости напыленного слоя максимумы этих напряжений уменьшаются.

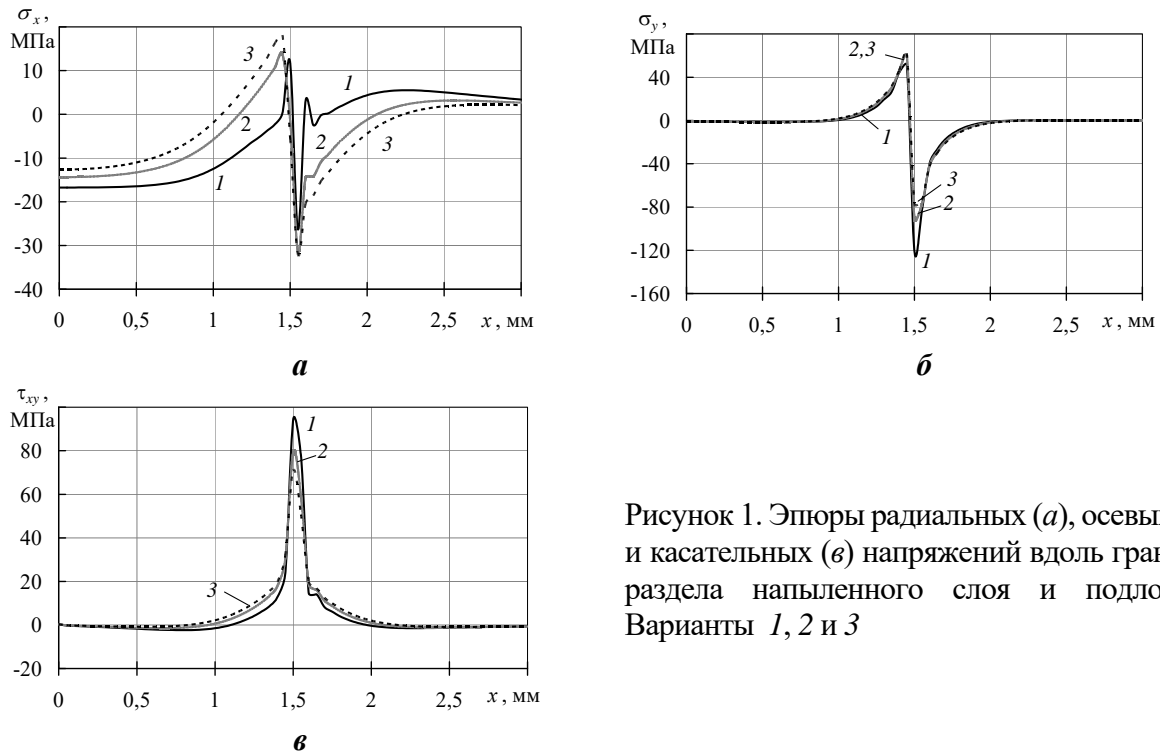


Рисунок 1. Эпюры радиальных (а), осевых (б), и касательных (в) напряжений вдоль границы раздела напыленного слоя и подложки. Варианты 1, 2 и 3

Выводы.

1. При испытании прочности напыленного слоя наиболее нагруженная зона, а, следовательно, и зона наиболее вероятного зарождения разрушения, расположена вблизи точки соединения шток-втулка у поверхности раздела напыленного слоя и подложки.
2. Наибольшие напряжения отрыва увеличиваются с увеличением жесткости напыленного слоя от 50 до 60 МПа, то есть в 2,5...3 раза превышают нагрузку на штоке (20 МПа).
3. Максимальные касательные напряжения уменьшаются с увеличением жесткости с 90 до 70 МПа, значительно превышая нагрузку на штоке.
4. При испытании таких образцов с тонким напыленным слоем разрушение отрывом возможно только при очень малой силе сцепления (прочности на отрыв) и большой прочности напыленного слоя на срез .
5. С увеличением жесткости материала напыленного слоя увеличивается вероятность разрушения отрывом штока от напыленного слоя и уменьшается вероятность разрушения вырывом штока вместе с напыленным слоем.

ЛІТЕРАТУРА

1. Буров Н.В. Повышение надежности турбинных лопаток методом вакуумно-дугового нанесения покрытий / Н.В. Буров, В.П. Валуйев, В.Г. Кузнецов и др. // Сварочное производство. - № 5. - 1995. - С. 13 – 16.
2. Лой С.А., Дубовой А.Н. Плазменное напыление защитных покрытий на детали горячего тракта судовых турбин /Збірник наукових праць УДМТУ. – Миколаїв: УДМТУ, 1999. - № 6 (366). – С. 105 – 109.
3. Пугачева Н.Б., Мазаева Е.С. Защитные свойства высокотемпературных комбинированных покрытий// Физика и химия обработки металлов. 2001, №4. – С. 22-27.
4. Лунев В.М., Немешкало О.В. Адгезионные характеристики покрытий и методы их измерения // Физическая инженерия поверхности. – 2010, Т 8, № 1. – С. 64 – 71.

АНАЛІЗ СИСТЕМНИХ ВПЛИВІВ НА СПРАЦЮВАННЯ ВАЛКОВИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ

Стадник І., Деркач А.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

У працях [1, 2] показано, що зносостійкість металів в хімічних і корозійно-активних середовищах визначається в основному їх корозійною стійкістю. Вона обумовлена характером та інтенсивністю на поверхнях тертя хімічних (електрохімічних) процесів і швидкістю утворення продуктів корозії. У той же час, важко передбачити поведінку матеріалу при терті в агресивних середовищах. Використання раціональних матеріалів і захисних покриттів, які характеризуються високою зносостійкістю в середовищах борошняного виробництва, ускладнюється через відсутність належної кількості достовірних даних.

Внутрішні фактори визначаються природою і будовою металу валків у формувальних і розкачувальних машинах, способом їх обробки, напруженням, які виникають при експлуатації. Зовнішні фактори пов'язані з характеристиками корозійних середовищ і умовами навантаження деталей. Вони характеризують зовнішні умови експлуатації машин, визначають якісну і кількісну сторони явищ.

З аналізу даних літературних джерел та досліджень підприємств кондитерської промисловості [3, 4] випливає, що якість виконуваної роботи валками залежить від комплексу параметрів, які можна поділити на наступні категорії:

- форма, кінематика, стан і геометричні параметри валка;
- фізико-хімічні властивості середовища;
- експлуатаційні умови роботи: зазор між валками, зусилля взаємного стискання середовища, частота їх обертання;
- особливості тертя в рідких електропровідних середовищах.

Зазвичай, результати зношування валкових робочих органів машин оцінюються вимірами зносу, які поділяються на характеристики службові і матеріальні. У працях [2-4] висвітлено питання про вплив електрохімічних корозійних процесів на механічні властивості металів. Вказано, що цей вплив проявляється в значній мірі і при терті та зношуванні металів. Наявність хімічно активного середовища на поверхні тертя може у декілька разів збільшити знос і навіть змінити характер цього процесу. У нейтральних середовищах (вода, розчини кухонної солі) переважає киснева деполяризація за рахунок розчиненого в середовищі кисню.

За характером взаємодії з металами робочі середовища можна розділити на хімічно- і поверхнево-активні. В групу хімічно-активних середовищ входять водні розчини кислот, лугів, солей. Їх особливість є та, що молекули розчинених в них речовин можуть дисоціювати і, тим самим, обумовлюють можливість протікання електрохімічних корозійних процесів.

Необхідно відмітити, що валкові робочі органи експлуатуються в умовах підвищеної вологості. Пари води, адсорбуючись на поверхні валків, а також розчинені гази (CO₂), створюють умови для протікання електрохімічних реакцій. Робочі середовища хлібопекарської та кондитерської промисловості в більшості випадків є електрохімічними суспензіями. Тому процес корозійно-механічного зношування валкових робочих органів в більшості випадків протікає в умовах електрохімічного впливу середовищ [5].

Значна кількість речовин в середовищі, зміна їх концентрацій, взаємодії між ними і мікроорганізмами, присутність стимуляторів, тощо, призводять до відносно нестабільності системи. За таких умов існує розуміння того, що в якому напрямку слід оцінювати впливи окремих факторів. З першого погляду може здатися, що в найкращому випадку має відповідати максимальне задоволення або забезпечення на верхніх рівнях факторів впливу. Проте, негативні наслідки також слід програмувати, наприклад, за

величинами осмотичних тисків, подвійних і потрійних впливів факторів, погіршення якісних показників продукції тощо. Якщо вплив температури ретельно можна відслідкувати, то відносно фізичного тиску завершеної точки зору не існує. Проте, положення термодинаміки тісно пов'язують параметри тиску і температури, в газових законах, рівнянні Менделєєва-Клапейрона, законі Генрі тощо.

Особливості тертя металів в рідких електропровідних харчових середовищах полягає в тому, що цей процес залежить від електродних потенціалів ϕ їх поверхонь, вимірних відносно деякого електроду порівняльно-фундаментальної характеристики електрохімічних систем. Такий підхід привів до виникнення нового напрямку, що народився на межі трибології і електрохімії та є розділом фізико-хімічної механіки матеріалів. Взаємодія зовнішніх середовищ з поверхнею металу розглядається зазвичай з точки зору утворення граничних плівок, адсорбційного зниження міцності і пластифікування металу який деформується, хімічного модифікування поверхневих шарів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Сухенко В.Ю. Методика исследования процессов коррозионно-механического изнашивания оборудования пищевых и перерабатывающих производств / А. Дзюб, В. Мануилов, Ю. Сухенко// polish Academy of Sciences/-Lublin-Rzeszow; AgroMedia 2014. – Vol. 16, №3 -74-81с.
2. Виноградов И.Э. Физические методы исследования противозадирных присадок к маслам. Методы оценки противозадирных и противозадирных противоизносных свойств смазочных материалов. – М.: Наука, 1969. – С. 21-24.
3. Крагельский И.В. Некоторые задачи науки о трении. В об. «Проблемы трения и изнашивания». – К.: Техника, 1981, вып.1. – С. 11-17.
4. Ребиндер П.А. Влияние поверхностно-активной среды на граничное течение и износ в кн.. Развитие теории трения и изнашивания / П.А. Ребиндер, Г.И. Епифанов // М.: АН СССР, 1957. – С. 47-56.
5. Фрумкин А.Н. Потенциалы нулевого заряда. А.Н. Фрумкин / М.: Наука, 1982. -259с.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВМІСТУ ГЕЛЬ-ФРАКЦІЇ У МОДИФІКОВАНИХ ОЛІГОМЕРАМИ КОМПОЗИТАХ

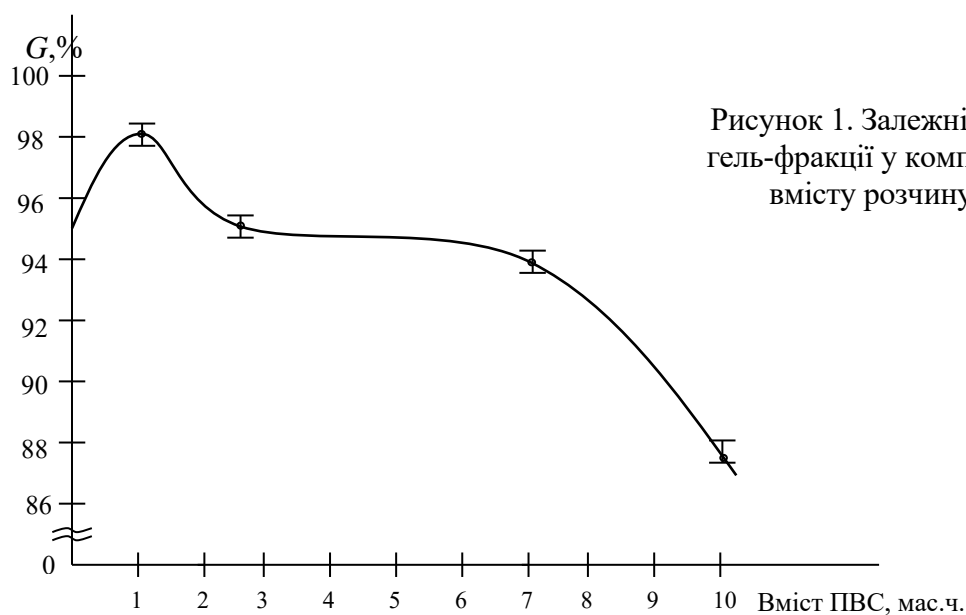
Стухляк П.Д., Микитишин А.Г., Золотий Р.З.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)

Завдяки розвинутій сировинній базі, хорошему комплексу фізико-механічних та теплофізичних властивостей епоксикомпозити широко використовують у багатьох галузях промисловості. Особливої уваги заслуговує покращення властивостей шляхом модифікування композитних матеріалів, а саме – введенням високомолекулярних добавок. Відомо, що формування композиту у системі епоксидний зв'язувач – полівініловий спирт приводить до виникнення взаємопроникаючих полімерних сіток у результаті суміщення різного типу молекулярних структур [10, 2].

Метою роботи було дослідити вплив модифікації епоксидного олігомери полівініловим спиртом на вміст гель-фракції.

Як об'єкт дослідження використано епоксидний олігомер марки ЕД-20. Для зшивання епоксидного зв'язувача використано низькотемпературний твердник поліетиленполіамін. Ступінь зшивання композитів визначали за вмістом у зразку гель-золь-фракції [3]. Метод ґрунтується на здатності розчинної частини матеріалу (золь-фракція), яка не зв'язана в полімерну сітку (гель-фракція), вимиватися органічним розчинником. Результати досліджень наведено на рис. 1.



Експериментальними дослідженнями встановлено, що вміст гель-фракції у епоксидній матриці становить $G = 95\%$. Введення у КМ розчину термопласту від 1 мас.ч. до 3 мас.ч. приводить до збільшення вмісту гель-фракції на 0,2...3,0 % ($G = 95,2...98,0$). Встановлено, що найвищий вміст гель-фракції характерний для КМ із вмістом ПВС у кількості 1 мас.ч. ($G = 98\%$) і зменшується до $G = 95,2\%$ для матеріалу на основі епоксидного зв'язувача і термопласти у кількості 2,6 мас.ч.

ЛІТЕРАТУРА

1. V. Huelck, D. A. Thomas, L. H. Sperling // *Macromolecules*, 1972. - № 5. - С. 348.
2. A. J. Curtius, M. J. Covitch. D. A. Thomas, L. H. Sperling // *Polym. Eng. and Sci.*, 1972. - № 12. – С. 101.
3. Практикум по химии и физике полимеров / Под ред. М.А. Куренкова. – М.: Химия, 1995. - 256 с.

ІНГІБУВАННЯ КОРОЗІЇ СТЗ В ХЛОРИДОВМІСНОМУ СЕРЕДОВИЩІ БІОГЕННОЮ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНОЮ РЕЧОВИНОЮ

Тимусь М.Б., Зінь І.М., Білий Л.М., Хлопик О.П., Карпенко О.В.

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

Вступ. Органічні інгібітори корозії переважно є синтетичними і не зустрічаються в природі [1]. Ці екологічно небезпечні сполуки важко розкладаються та негативно впливають на біосферу. В наукових лабораторіях ведуться пошуки нових інгібіторів корозії, які би вигідно відрізнялись від відомих не тільки вищою ефективністю, але й екологічною безпекою.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Посилена увагу науковців привертають „зелені” інгібітори, отримані з рослинної сировини або відходів її переробки [2,3]. Однак, внаслідок нестабільності хімічного складу вихідної сировини їхні протикорозійні характеристики змінюються в широкому діапазоні, що обмежує їх застосування у промисловості. Поверхнево-активні речовини (біоПАР), одержані шляхом мікробного синтезу, є екологічно-безпечними та економічно вигідними [4]. Різноманітність фізико-хімічних та біологічних властивостей біоПАР визначає можливість їх використання у нафтодобувній, хімічній, фармацевтичній промисловості, сільському господарстві, а також для вирішення екологічних проблем [5,6]. Ефективність біоПАР зумовлена їх здатністю за малих концентрацій істотно знижувати поверхневий і міжфазний натяг водних розчинів, утворювати дрібнодисперсні та стабільні емульсії. Раніше [7] було встановлено можливість використання синтетичних ПАР в якості інгібіторів корозії вуглецевої сталі. Представляло інтерес вивчення ефективності інгібування корозії вуглецевої сталі супернатантом культуральної рідини (СКР) бактеріального штаму *Pseudomonas* sp. PS-17. Основу цієї біоПАР складають моно- та дирамноліпіди. Вона ефективна за різних температур, працює в широкому діапазоні *pH* і концентрацій солей, нетоксична та біодеградабельна [8].

Результати досліджень. За результатами поляризаційних досліджень виявлено вищу інгібувальну здатність біоПАР у порівнянні з синтетичними – додецилсульфатом натрію (ДДСН) та полісорбатом-80 (ТВІН-80) у хлоридовмісному середовищі (0,1 % NaCl). Після 3 год експозиції (рис. 1,а) синтетичні ПАР практично не інгібують корозію вуглецевої сталі Ст 3. Густина струму корозії сталі ($i_{кор}$) в розчинах з ДДСН та ТВІН-80 відповідно становить $2,06 \cdot 10^{-3}$ та $1,75 \cdot 10^{-3}$ мА/см², у неінгібованому середовищі - $1,01 \cdot 10^{-3}$ мА/см². Електрохімічні реакції проходять переважно за змішаним контролем із незначним зміщенням потенціалу корозії $E_{кор}$ Ст3 в катодну зону. За експозиції 96 год (рис. 1,б) відбувається зміщення електродного потенціалу в область анодних значень, що свідчить про формування на поверхні захисної плівки. При цьому інгібувальний ефект спостерігався лише в розчині, що містив СКР. Струми корозії Ст3 становили: $0,76 \cdot 10^{-3}$ (в розчині з СКР), $1,84 \cdot 10^{-3}$ (в розчині з ДДСН), $1,72 \cdot 10^{-3}$ мА/см² (в розчині з ТВІН-80), становить $1,31 \cdot 10^{-3}$ мА/см² (в неінгібованому хлоридовмісному середовищі). Фактично відбулося зменшення 1,5...2,5 рази густини струму корозії сталі внаслідок дії біоПАР у порівнянні з середовищами інгібованими синтетичними ПАР та неінгібованим розчином. Імовірно протикорозійний ефект можна пояснити адсорбцією рамноліпідних молекул СКР на поверхні металу через їх функціональні групи з подальшим утворенням захисної плівки і таким чином гальмуванням реакції іонізації металу і катодних процесів [4]. Інгібування корозії металу, значною мірою, залежить від адсорбції та здатності біоПАР об'єднуватись в кластери або міцели. За даними Клосовської-Хомічевської та інших [5, 6] критична концентрація міцелоутворення (ККМ) для рамноліпідних біосурфактантів у водній емульсії становить $\geq 0,1$ г/л. За ККМ металева поверхня стає покритою моношаром поверхнево-активних молекул і подальше збільшення їх кількості сприяє об'єднанню та агрегації з утворенням міцел або кількох шарів молекул [4]. Водночас карбоксильні групи моно- та дирамноліпідів, складових СКР, можуть взаємодіяти з іонами заліза, утворюючи плівку з малорозчинних комплексних сполук на анодних ділянках сплаву [9].

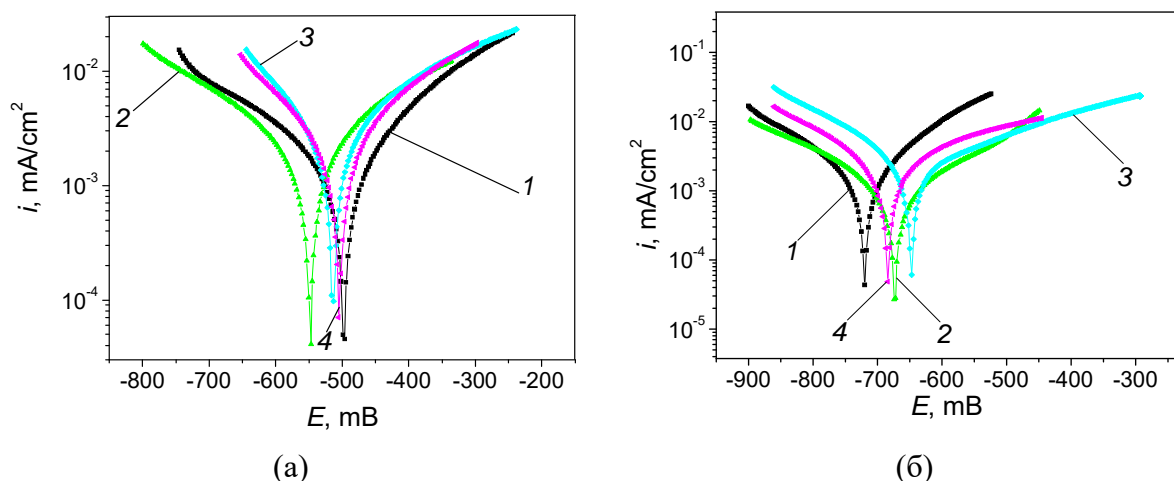


Рисунок 1. Поляризаційні криві Ст3 після витримування 3 год (а) та 96 год (б) у 0,1 % NaCl: 1 – неінгібований розчин; 2 – 0,4 g/l СКР; 3 – 0,4 g/l ДДСН; 4 – 0,4 g/l ТВИН-80.

Висновки. Встановлено високу ефективність інгібування корозії Ст 3 супернатантом культуральної рідини бактеріального штаму *Pseudomonas* sp. PS-17 в хлоридо-вмісному середовищі. Інгібування корозії пояснюється адсорбцією біоПАР на поверхні металу через її функціональні групи та утворенням захисної плівки з комплексних сполук на основі рамноліпідів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ингибиторы коррозии. Т. 3. Основы технологии производства отечественных ингибиторов коррозии / Д.Л.Рахманкулов, В.Н.Зенцов, Н.А.Гафаров, Д.Е.Бугай, А.И.Габитов, Ф.Н.Латыпова. – М.: Изд-во «Интер», 2005. – 346 с.
2. Green Inhibitors for Corrosion of Metals: A Review / Devarayan Kesavan, Mayakrishnan Gopiraman, Nagarajan Sulochana.: Chemical Science Review and Letters. 2012, 1(1). – P. 1-8.
3. Raja PB, Sethuraman MG. Natural products as corrosion inhibitor for metals in corrosive media - A review. Materials Letters 2008. 62. - P. 113-116.
4. Assessment of toxicity of biosurfactants produced by *Pseudomonas* PS-17 / Kolwzan B., Biazik J., Czarny A., Zaczynska E., Karpenko E. // Ekotoksykologia w ochronie srodowiska. Wyd. PZITS nr 884. - 2008. – P. 191-196.
5. Mulligan C.N. Environmental applications for biosurfactants // Environmental Pollution. - 2005. - 133(2). – P.183-98.
6. Chapter 2. Biosurfactants: Production and Applications. In: Biodegradation - Life of Science, edited by Rolando Chamy and Francisca Rosenkranz / R.S. Reis, G.J. Pacheco, A.G. Pereira and D.M.G. Freire – Rijeka // InTech. 2013. – P. 31-61.
7. Anti-corrosion Ability of Surfactants: A Review / Maqsood Ahmad Malik, Mohd Ali Hashim, Firdosa Nabi, Shaeel Ahmed AL-Thabaiti, Zaheer Khan // Int. J. Electrochem. Sci. - 2011. – V.6. – P. 1927-1948.
8. Коллоидно-химические характеристики продуктов биосинтеза штамма *Pseudomonas* SP. PS-17 / О.В. Карпенко, В.А. Волошинец, А.П. Грабаровская, И.В Семенюк, А.Я. Карпенко // Вопросы химии и химической технологи - 2012. - №2. – С. 30-34.
9. Stability Constants for the Complexation of Various Metals with a Rhamnolipid Biosurfactant / F.J. Ochoa-Loza, J. F. Artiola, and R.M. Maier // J. Environ. Qual. 30 (2001) P. 479-485.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СКОРОСТИ ФРОНТА ВОЛНЫ ДАВЛЕНИЯ ПРИ ВЫСОКОВОЛЬТНОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ РАЗРЯДЕ В ДИСПЕРСНОЙ СИСТЕМЕ «ПОРОШОК Ti – ЖИДКОСТЬ»

Торпаков А.С., Сизоненко О.Н., Тафтай Э.И.

Институт импульсных процессов и технологий НАН Украины (Украина)

В силу своих уникальных свойств, метало-матричные композиты (ММК), содержащие титан и карбид титана, находят все более широкое применение в различных отраслях промышленности, включая судостроение. Высококачественную полидисперсную шихту ММК можно получать, используя высоковольтный электрический разряд (ВЭР). Использование в качестве дисперсионной среды углеводородной жидкости (в частности, керосина) при ВЭР вызывает разложение молекул углеводородов в канале ВЭР и микроплазменных каналах между частицами порошка. Образующиеся при этом частицы нанougлерода взаимодействуют с частицами обрабатываемого порошка, в результате чего синтезируются дисперсноупрочняющие карбидные фазы. Для обеспечения эффективного диспергирования необходимо создать условия, при которых волна давления будет взаимодействовать с частицами обрабатываемого порошка, избегая дифракции, а ее амплитуда будет превышать прочностные характеристики обрабатываемого порошка. Формирование в среде ударных волн позволяет воздействовать на частицы диаметром значительно менее 1 мм, так как ширина фронта ударной волны в жидкостях не превышает 100 Å.

Целью данной работы является определение связи амплитуды давления при ВЭР в дисперсной системе «порошок Ti – жидкость» с составом дисперсной системы и параметрами разрядного контура.

Исследования влияния состава рабочей среды при ВЭР в дисперсной системе «порошок Ti – жидкость» на амплитуду и скорость фронта волны давления выполнялись с помощью пьезоэлектрического волноводного датчика давления (ВДД). Объем рабочей жидкости в камере-реакторе составлял 5,5 дм³; в качестве рабочей среды использовались дистиллированная вода, дистиллированная вода с добавлением порошка Ti ($d_{cp}=17$ мкм) массой 500 г (массовое соотношение Т:Ж – 1/11), керосин, керосин с добавлением порошка Ti ($d_{cp}=17$ мкм) массой 250 и 500 г (массовое соотношение Т:Ж 1/18 и 1/9 соответственно). Рабочее напряжение составляло 50 кВ, емкость накопителя варьировалась от 0,4 до 1,6 мкФ, разрядный промежуток составлял 28 мм для режимов с использованием дистиллированной воды и 12 мм для режимов с использованием керосина. Добавка порошка Ti с массовым соотношением твердой и жидкой фазы 1/11 в дистиллат не оказывает существенного влияния на амплитуду волны давления, однако снижает скорость ее фронта. Добавка в керосин порошка Ti с массовым соотношением твердой и жидкой фаз 1/9 приводит к снижению амплитуды давления на ВДД в ~3 раза, а с соотношением 1/18 – в ~ 1,5 раза по сравнению со случаем ВЭР в керосине. Условием формирования ударных волн при ВЭР в керосине с добавлением порошка Ti концентрацией 1/9 и 1/18 при $U=50$ кВ является обеспечение емкости батареи накопителей не менее 0,8 мкФ и индуктивности разрядного контура не более 0,9 мкГн. Установлено существование ударных волн при ВЭР в дистиллате и в дистиллате с добавлением порошка Ti концентрацией 1/11 во всех рассмотренных режимах при $U=50$ кВ и емкости накопителя от 0,4 до 1,6 мкФ.

Выводы. Экспериментально установлены условия формирования ударных волн при ВЭР в дисперсной системе «порошок Ti – жидкость» и связь амплитуды и скорости фронта волны давления при ВЭР в дисперсной системе «порошок Ti – жидкость» с дисперсионной средой (керосином и дистиллированной водой), количеством дисперсной фазы и параметрами разрядного контура.

АНАЛИЗ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ВЫСОКОВОЛЬТНОЙ ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНОЙ ОБРАБОТКИ ПОРОШКА ТИТАНА В КЕРОСИНЕ

Трегуб В.А., Сизоненко О.Н., Присташ Н.С.

Институт импульсных процессов и технологий НАН Украины (Украина)

Одним из способов повышения физико-механических и эксплуатационных свойств композиционных материалов является подход предусматривающий измельчение составных компонентов композитов.

В Институте импульсных процессов и технологий НАН Украины активно развивается разрядно-импульсная технология (РИТ) обработки металлических порошков высоковольтным электрическим разрядом (ВЭР) в углеводородной жидкости с целью их диспергирования, активации и синтеза карбидных и боридных дисперсноупрочняющих фаз. Термодинамические условия, возникающие в плазме межчастичных разрядов, обеспечивают возможность протекания реакций деструкции молекул углеводородной жидкости и синтеза карбидов обрабатываемых металлов. Волны сжатия-растяжения и мощные гидротоки, сопровождающие ВЭР, выполняют работу диспергирования частиц порошка и препятствуют образованию конгломератов.

Однако для дальнейшего развития технологии требуется детальное изучение совокупности физических процессов, протекающих при высоковольтном электрическом разряде в гетерогенной среде.

Цель работы – исследование физических процессов при высоковольтной электроразрядной обработке дисперсной системы «керосин – порошок титана».

В работе приведены результаты математического моделирования электротеплового воздействия на частицу при высоковольтном электрическом разряде в дисперсной системе «керосин – порошок титана». На основании результатов математического моделирования представлена гипотеза о механизме абляции металла вследствие воздействия плазменных образований в объёме разрядной камеры на твёрдую фазу.

Результаты физического моделирования процесса ВЭР обработки порошка титана в керосине позволили установить зависимость распределения плазменных образований в межэлектродном промежутке от конфигурации электрического поля, обуславливаемое конструкцией электродной системы. Анализ полученных данных позволил предположить, что использование многоэлектродной системы, обеспечивающее равномерное распределение плазменных образований по всему объёму камеры, позволит уменьшить процентное содержание свободного углерода и увеличить количество синтезированных карбидов металлов в получаемой порошковой шихте. Данные рентгенофазного анализа и оптической микроскопии порошковых смесей после ВЭР обработки подтвердили вышеупомянутое предположение.

Выводы. Математическое и физическое моделирование позволило получить качественное описание совокупности физических процессов, имеющих место при ВЭР обработке дисперсной системы “керосин – порошок титана”. Разработанные рекомендации по уменьшению количества свободного углерода и увеличению процентного содержания карбида титана позволят существенно повысить физико-механические и эксплуатационные характеристики композиционных материалов на основе получаемой порошковой шихты.

Работа выполнена при частичной поддержке Гранта НАН Украины научно-исследовательских работ молодых ученых в 2016 г. (тема № II-18-15, № ГР 0115U003864).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ УГЛЕПЛАСТИКОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ ИЗНОСОСТОЙКИХ МАТЕРИАЛОВ

¹Тульженкова А.С., ²Вишняков Л.Р., ¹Сичкарь Т.Г.,
²Мороз В.П., ²Морозова В.Н., ²Варченко В.Т.

¹Национальный педагогический университет имени М.П. Драгоманова (Украина)

²Институт проблем материаловедения имени И.Н. Францевича НАН Украины (Украина)

В настоящее время остро стоит проблема утилизации отходов механической обработки углепластиков. Вероятным решением является создание и исследование «вторичных» композитов на основе полимерной матрицы. А также их использование в качестве возможных износостойких материалов [1].

Цель настоящей работы состояла в расширении областей применения «вторичных» композитов, в частности, эпоксиполимеров. Наполнителем композитов служил порошок, полученный после фрезерной обработки углепластика, который после подготовки вводили в эпоксидный олигомер ЭД-20. На полученных образцах были определены прочностные, трибологические и теплофизические свойства.

При прочностных испытаниях получены следующие результаты (средние значения): прочность на изгиб – 79,3 МПа, прочность на сжатие – 162,8 МПа, модуль упругости на изгиб ~ 2453 МПа. Результаты испытаний на трение и износ композита с 12 масс.% отходов углепластика по контртелу из нержавеющей стали 1Х18Н9Т в водной среде показали следующие данные: при скорости скольжения $V=0,5\text{ м/с}$ и нагрузке 20 МПа коэффициент трения составил 0,17 при линейном износе пары трения 7,4 мкм/км. Образец оказался работоспособным с увеличением нагрузки до 30 МПа. При испытаниях пары трения на воздухе температура повышалась до 93°C (при нагрузке 8 МПа), а водная среда при этой нагрузке снизила температуру до 29°C.

Введение дисперсного наполнителя в эпоксидное связующее, также, благотворно влияет на теплофизические свойства «вторичных» композитов: снижает удельную теплоёмкость композита и увеличивает его размерную стабильность (рис. 1). Установлено, что коэффициент теплопроводности «вторичного» композита в диапазоне температур от 40 до 150°C увеличивается примерно на 10%.

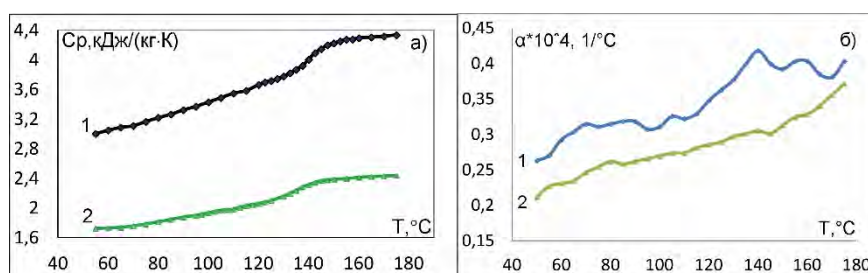


Рисунок 1. Температурная зависимость удельной теплоемкости (а) и температурного коэффициента линейного расширения ТКЛР (б): 1 – ЭД-20, 2 – ЭД-20 + 18% наполнителя.

Выводы. Таким образом, по комплексу полученных характеристик разработанный «вторичный» композит можно рекомендовать для нагруженных узлов трения, например, в перекачивающих насосах для коррозионных водных сред и подобных использованиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вишняков Л.Р. Полимерные износостойкие композиты с наполнителями из порошковых отходов механической обработки углепластиков. / Л.Р.Вишняков, В.Н.Морозова, В.П.Мороз, В.Т.Варченко, А.С.Бычков, В.В.Андреев // Технологические системы. – 2015. – №4 (73). – С.44-50.

СТВОРЕННЯ ЗНОСОСТІЙКИХ ГАЗОТЕРМІЧНИХ ПОКРИТТІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ НАНОПОРОШКІВ

¹Фурман В.К., ¹Чорний А.В., ¹Смирнов І.В., ²Клевцов К.М.

¹НТУУ «Київський політехнічний інститут» (Україна)

²Херсонська державна морська академія (Україна)

Вступ. Дослідженнями багатьма вітчизняними та закордонними вченими за останні роки встановлено, що одним із основних факторів, які впливають на будову та властивості поверхневих шарів є введення до їх складу домішок у вигляді різних нанодисперсних порошків. Частинки нанопорошків, як модифікатори першого роду, забезпечують прискорене і більш рівномірне затвердіння металу в покритті, здійснюють певний вплив на розмір зерен та неметалевих включень. Так, у роботі [1] наведено результати випробувань на зношення наплавленого металу типу 40Х13, 25ХГ2С, 300Х28М, модифікованого наноксидами алюмінію, титану та кремнію через зварювальну ванну за різними схемами введення. Показано, що введення у зварювальну ванну наноксидів призводить до помітного підвищення зносостійкості наплавленого металу у 5...7 разів, тоді як при застосуванні традиційних підходів на базі зміни системи легування тільки у 1,5...3,0 рази. Пошуку ефективних модифікаторів для отримання композиційних покриттів з антифрикційними властивостями присвячена робота [2], в якій після аналізу ультрадисперсних оксидів зі структурою корунду та рутилу, вуглецю та нітриду бору, металів зі структурами типу вольфраму та магнію робиться висновок про ефективність застосування як модифікатора оксиду алюмінію. В роботі [3] за допомогою високоенергійного планетарного кулькового млина отримували наноконпозиційний порошок Al–Al₂O₃ з розміром частинок оксиду алюмінію 20...40 нм, що забезпечувало підвищення твердості та зносостійкості напилених покриттів.

Постановка задачі. Мета роботи полягала в дослідженні зносостійкості плазмових покриттів на основі самофлюсів з додаванням до їх складу нанодисперсного порошку оксиду алюмінію.

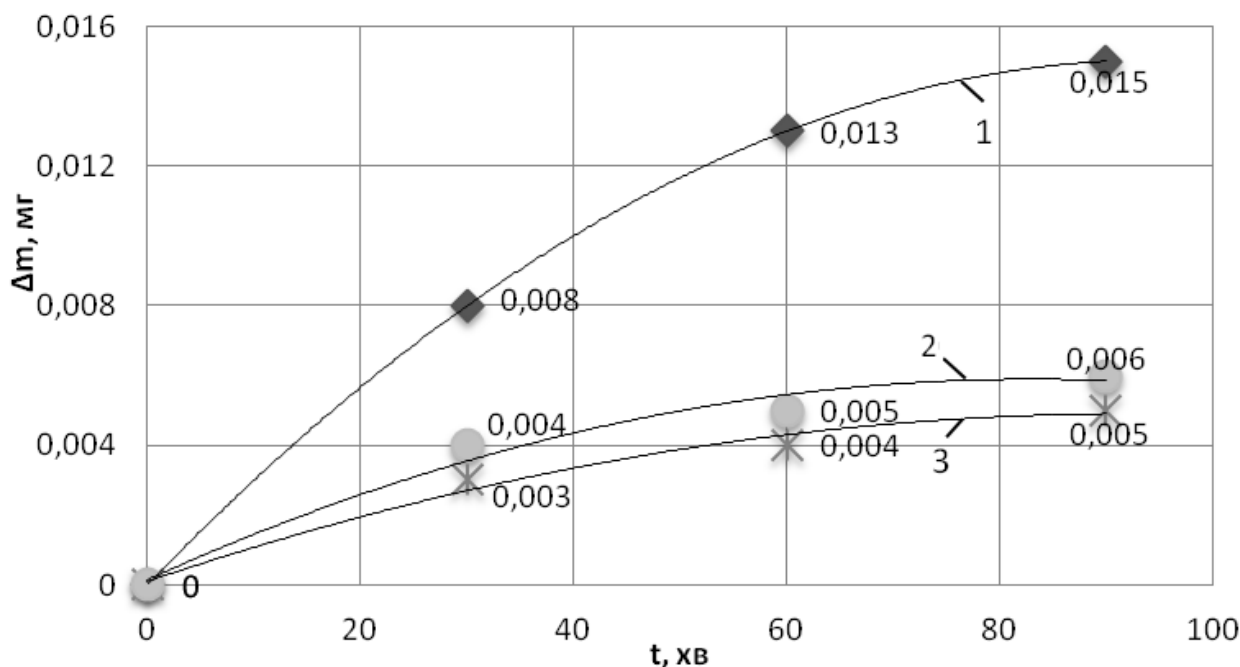
Для встановлення оптимальних значень вмісту наноконпонентів у плазмових покриттях визначали зносостійкість, коефіцієнт тертя та мікротвердість. Отримані покриття досліджували на кінетику зношення в умовах сухого тертя при зворотно-поступальному русі плоского контртіла із загартованої сталі У8 з навантаженням 3 кг на установці СМЦ-2. Мікротвердість отриманих покриттів визначали вдавленням алмазної піраміди Віккерса при навантаженні 0,98 Н на приладі ПМТ-3.

У якості наноконпонентів застосовували оксид Al₂O₃ фракцією 50...60 нм, який вводили у концентраціях від 0,5об.% до 5об.%. Для приготування гомогенної порошкової суміші з мікро- та наночастинок застосовували механохімічну обробку в планетарному кульовому млині ХQM-2 з додатковим вакуумуванням робочих ємкостей. Наночастинки оксиду алюмінію в умовах вакууму та механохімічної обробки переходять в активований стан і приєднуються до частинок інших елементів, утворюючи фізичні зв'язки між компонентами, що дозволяє під час подальшого плазмового напилення переносити їх в покриття.

Напилення порошків здійснювали плазмотроном з частково винесеною дугою і додатковим обдуванням плазмового струменя концентричним потоком захисного газу. Струм дуги встановлювався в межах 80...90 А, напруга 50...60 В, продуктивність до 4 кг/год із загальною витратою плазмоутворюючого, транспортуючого і захисного газу (аргону) 6 л/хв. Завдяки таким конструктивним особливостям і технологічним режимам, характер течії плазмового струменя був близький до ламінарного, що забезпечує сприятливі умови для збереження та переносу в покриття пакувальних оболонки і наночастинок.

Результати досліджень. Проведені випробування показали, що діапазон оптимальних значень вмісту нанопорошків знаходиться в межах 0,2...1,0 об.% при

застосуванні у якості вихідних напилюваних матеріалів порошків на основі самофлюсівних сплавів системи Ni-Cr-B-Si (ПГ-CP2). Найбільші значення механічних характеристик плазмових покриттів були отримані при додаванні нанопорошку Al_2O_3 у кількості 0,2 об.%, зокрема мікротвердість 4,8 ГПа, відносна зносостійкість 3%.



Рисунки 1. Кінетика зношування плазмових покриттів: 1 – покриття з ПГ-CP2, 2 – покриття з ПГ-CP2+0,2% Al_2O_3 , 3 – покриття з ПГ-CP2+1% Al_2O_3

Таблиця 2. Мікротвердість та відносна зносостійкість покриттів

Покриття	Мікротвердість, ГПа	Відносна зносостійкість, %
ПГ-CP2	3,4	1,0
ПГ-CP2+0,2% Al_2O_3	4,8	3,0
ПГ-CP2+1% Al_2O_3	4,4	2,5

Висновки. Додавання до складу самофлюсівних порошків марки ПГ-CP2 нанодисперсного оксиду алюмінію призводить до підвищення зносостійкості та міцності зчеплення плазмово-напилюваних покриттів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кузнецов В.Д. Износостойкая наплавка с вводом в сварочную ванну нанопорошков/ В.Д. Кузнецов, Д.В. Степанов // Автоматическая сварка. – 2015. – №5. – С.52-56.
2. Поиск эффективных модификаторов для получения композиционных Ni-P покрытий с антифрикционными свойствами/ П.Д. Дерлугян, В.В. Иванов, И.В. Иванов и др. // Современные наукоемкие технологии. – 2013.–№5.–С.21–24.
3. Mazaheri Y. Development of $Al_{356}-Al_2O_3$ nanocomposite coatings by high velocity oxy-fuel technique/ Y. Mazaheri, F. Karimzadeh, M.H. Enayati // J. Mater. Sci. Technol. – 2013.– V.29, No9. – P. 813-820.

ІНГІБУВАННЯ ДЮРАЛЮМІНІЮ РАМНОЛІПІДНИМ БІОКОМПЛЕКСОМ У ВОДНО-ЕТИЛЕНГЛІКОЛЕВОМУ РОЗЧИНІ

Хлопик О.П., Зінь І.М., Карпенко О.В., Тимусь М.Б., Білий Л.М.
Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України (Україна)

Надійність роботи системи охолодження двигунів внутрішнього згорання залежить від властивостей охолоджувальної рідини, яка повинна бути достатньо теплоємкою, з високою температурою кипіння та низькою температурою замерзання, а також не викликати корозію металевих деталей.

Найпоширеніша охолоджувальна рідина складається з етиленгліколю та дистильованої води. Проте етиленгліколь, зазвичай, викликає корозію елементів системи охолодження, виготовлених з алюмінієвих сплавів, в умовах підвищеної температури і аерації.

Для зниження агресивного впливу розчину в антифризи додають антикорозійну присадку. Такими відомими присадками є хромати. Шестивалентний хром використовуються завдяки його високій розчинності у воді, схильності до пасивації поверхні, а також його низькій вартості та простоті застосування [1,2]. Концентрація хромату 500 мг/л вважається достатньою для інгібування корозії алюмінієвого сплаву в умовах кавітації, але за наявності розчиненого хлорид-іона його концентрацію збільшують до 7000 мг/л, що спричиняє корозію залізних компонентів [3]. Окрім цього, хромати є надзвичайно токсичними сполуками, що обумовлює додаткову проблему їх утилізації.

Альтернативою хроматам служать так звані «зелені» інгібітори, отримані з рослинної сировини або відходів її переробки. Нетоксичність та біодеградабельність є їх головними перевагами. Біогенні поверхнево-активні речовини (біоПАР), одержані шляхом мікробного синтезу, при використанні економічно вигідних субстратів, є екологічно безпечними та економічно вигідними. За своїми основними характеристиками вони не поступаються синтетичним ПАР.

Рамноліпідний біокомплекс (РБК) – продукт біосинтезу штаму *Pseudomonas sp. PS-17*, суміш моно- і дирамноліпідів з полісахаридом альгінатної природи. Відноситься до ПАР змішаного типу – аніонно-неіоногенних [4], є екологічно безпечним [5], розчинний у воді та етиленгліколі.

Отже мета роботи полягала в дослідженні особливостей захисної дії рамноліпідного біокомплексу на алюмінієвому сплаві в водно-етиленгліколовому розчині.

Для приготування охолоджувальної рідини як вихідні матеріали використовували етиленгліколь (ГОСТ 19710-83), дистильовану воду та РБК, синтезований у Відділенні фізико-хімії горючих копалин ІнФОВ ім. Л.М. Литвиненка НАН України.

Пластини алюмінієвого сплаву Д16Т (ГОСТ 4784-97) піддавали корозійно-електрохімічним випробуванням у запропонованій охолоджувальній рідині. Для цього використовували методи потенціодинамічної поляризації [6].

Дослідження здійснювали на потенціостаті Gill AC. Швидкість розгортки потенціалу становила 1 mV/c. Поверхню зразків металу з площею робочої поверхні 1 cm² перед зануренням у середовище обробляли шліфувальним папером марки P320 та знежирювали ацетоном. Вимірювали за триелектродною схемою: робочий електрод – сплав Д16Т, електрод порівняння – хлоридсрібний насичений, допоміжний – платиновий.

Результати досліджень. Корозія сплаву Д16Т протікає з кисневою деполаризацією, оскільки початкові потенціали досить негативні (- 0.4...- 0,5 В) (рис 1). В неінгібованому середовищі контроль корозійного процесу проходить за катодним механізмом і характеризується відсутністю пасивної ділянки. Натомість в інгібованому середовищі чітко спостерігали змішаний механізм контролю реакції. Після експозиції зразків сплаву Д16Т впродовж 24 год у розчині з додаванням 0,5 г/л рамноліпідного біокомплексу алюмінієвий сплав значно менше кородує, ніж у рідині без інгібітора. При цьому струм корозії сплаву

зменшується у 3,0...3,5 рази. Таке зменшення густини струму дюралюмінієвого сплаву в водно-етиленгліколевому розчині, що містить 0,5 г/л рамноліпідного біокомплексу, очевидно, обумовлено утворенням малопроникних поверхневих плівок, які гальмують перехід продуктів окиснення алюмінію в розчин. Утворення органічної поверхневої плівки на сплаві в інгібованій охолоджувальній рідині підтверджується даними електронної мікроскопії.

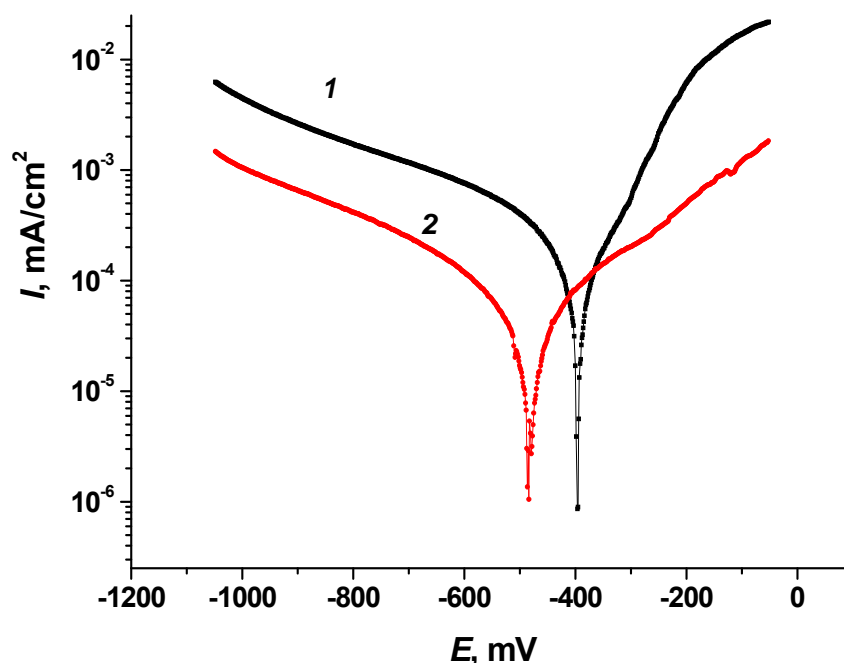


Рисунок 1. Поляризаційні криві алюмінієвого сплаву Д16Т після 24год: витримування: 1 – у водному розчині етиленгліколю; 2 - у цьому ж розчині з додаванням 0,5 г/л рамноліпідного біокомплексу

Висновки. Використання РБК у складі охолоджувальної рідини сприяє гальмуванню корозійних процесів внаслідок гідрофобізації поверхні металу в результаті орієнтованої адсорбції молекул і створення захисної плівки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Rosenfeld I.L., Corrosion Inhibitors, McGraw-Hill Inc., U.S.A., 1981. - P. 45-145.
2. Rowe L.C., Corrosion Inhibitors, C.C. Nathan (Ed.), Houston, TX, NACE, 1973. - P.173-187.
3. Normas Oficiales Mexicanas en Materia de Proteccion Ambiental. Diario Oficial de la Federation, 18 de Octubre de 1993, NOM-CCA 107-ECOL/1993, NOM-CCA-031 -ECOL/1993.
4. Карпенко О.В., Волошинец В.А., Грабаровская А.П., Семенюк И.В., Карпенко А.Я. Коллоидно-химические характеристики продуктов биосинтеза штамма *Pseudomonas* SP. PS-17 // Вопросы химии и химической технологии. - 2012. - №2. – С. 30-34.
5. Хлоп'як Н.А. Токсиколого-гігієнічна і екологічна оцінка комплексного екологічного сорбенту глауконітоліту, модифікованого поверхнево-активним комплексом «ПОЛКОМ» – біореагенту культури *Pseudomonas* species (біопар PS-17) // Довкілля та здоров'я. – 2011. - № 3. – С. 48-53.
6. ASTM Standard G102. Standard Practice for Calculation of Corrosion Rates and Related Information from Electrochemical Measurements. - 1999. – 7 p.

ВЛИЯНИЕ УДАРНО-КОЛЕБАТЕЛЬНОГО НАГРУЖЕНИЯ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬ ТРУБНОЙ СТАЛИ 17Г1С-У

¹Чаусов М.Г., ²Марущак П.О., ¹Пилипенко А.П.

¹*Национальный университет биоресурсов и природопользования, Киев (Украина)*

²*Тернопольский национальный технический университет имени Ивана Пулюя (Украина)*

К числу возможных режимов нагружения трубных сталей в процессе эксплуатации можно отнести ударно-колебательное нагружение, которое может быть вызвано гидроударами в трубных системах. Как показали многочисленные исследования авторов на различных материалах, влияние подобного нагружения на механические свойства материалов практически не изучено и трудно прогнозируемое. В данном случае может реализоваться малоцикловое (15...20 циклов) высокочастотное (1...2 кГц) нагружение, что приводит, как правило, к образованию в пластичных материалах тонко-полосовых диссипативных структур, плотность которых меньше плотности основного материала. Авторы называют такое ударно-колебательное нагружение – динамический неравновесный процесс (ДНП).

Целью настоящего исследования является апробация метода полных диаграмм деформирования, для оценки влияния ударно-колебательного нагружения на механические свойства и трещиностойкость трубной стали 17Г1С-У.

Исследования проводили на плоских образцах толщиной 3 мм и шириной рабочего участка 10 мм в два этапа. На первом этапе образцы на упругом участке статичной диаграммы деформаций подвергали ударно-колебательному нагружению различной интенсивности. В качестве параметра, который характеризует интенсивность влияния ДНП, выбирали проскок пластической деформации в процессе реализации ДНП в трубной стали $\epsilon_{днп}$. В наших опытах реализован диапазон проскоков пластической деформации $\epsilon_{днп} = 2,5...5,5\%$. Особого внимания заслуживает тот факт, что в отдельных случаях удавалось реализовать условия ДНП, при которых деформация $\epsilon_{днп}$ была отрицательной, до 0,7 %. На втором этапе исследований на всех образцах, подверженных воздействию ДНП, включая и несколько исходных, просверливали центральное круговое отверстие диаметром 1 мм. Данная процедура позволяет получать протяженные, практически прямолинейные начальные ниспадающие участки полных диаграмм деформаций, которые отвечают автомоделному росту макротрещины по смешанному механизму разрушения (I+III) и таким образом достоверно оценивать энергозатраты на рост макротрещины в материалах. Изменение наклона этих участков в сравнении с исходным материалом указывает на увеличение или уменьшение энергозатрат на рост макротрещины при воздействии ДНП, т.е. на изменение трещиностойкости стали.

Анализ полученных результатов показал, что и сама величина $\epsilon_{днп}$ и ее знак существенно влияют на механические свойства и трещиностойкость трубной стали при последующем статическом растяжении. Причем отмечаются как положительные так и отрицательные эффекты. В частности, при величине $\epsilon_{днп} = 5,7\%$ отмечается увеличение энергозатрат на рост макротрещины на 5%, наоборот, при $\epsilon_{днп} = 2,1...3,7\%$ фиксируется незначительное уменьшение энергозатрат на рост макротрещины на уровне 1,6...1,7%. Самое значительное уменьшение энергозатрат на рост макротрещины, практически до 10%, отмечается в случае отрицательной величины $\epsilon_{днп}$. С другой стороны, фиксируется и резкое изменение деформационной способности стали в зоне концентратора напряжений в зависимости от величины $\epsilon_{днп}$. Опять же, самое значительное уменьшение деформационной способности стали по сравнению с исходным состоянием, зафиксировано при отрицательном значении проскока пластической деформации $\epsilon_{днп}$.

ОПТИМІЗАЦІЯ СКЛАДУ ІНГРЕДІЄНТІВ КОМПОЗИЦІЙНИХ ПОКРИТТІВ ДЛЯ ЗАХИСТУ ЕЛЕМЕНТІВ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

¹Шарко О.В., ²Степанчиков Д.М.

^{1,2}*Херсонська державна морська академія (Україна)*

²*Херсонський національний технічний університет (Україна)*

Вступ. Відпрацьовані гази енергетичних установок, які перетворюють енергію згоряння палива, містять тверді частинки, що не повністю згоріли. Такі частинки можуть догорати у газоході, осаджуватися на стінках газоходу, вилітати у вигляді іскор назовні. Це, у свою чергу, приводить до підвищеного виділення тепла у газоходах, ерозії та швидкого зносу стінок газоходу, зниження потужності енергетичної установки, можливості потрапляння чадних газів у житлові приміщення, забруднення атмосфери, підвищення пожежної небезпеки. Тому актуальним є пошук ефективного захисту елементів енергетичного обладнання.

Актуальність дослідження. Композитні матеріали широко застосовують для формування захисних покриттів різного функціонального призначення з метою підвищення експлуатаційних характеристик технологічного обладнання. Різноманітність номенклатури вихідних компонентів композиційних матеріалів – одна з передумов їх успішного застосування у якості функціональних матеріалів у техніці. Так для зниження пожежної небезпеки, крім активних засобів попередження та захисту від розвитку осередку пожежі, у конструкції газоходу повинен використовуватися пасивний захист, який ускладнює виникнення і розвиток пожежі. Перспективними у цьому сенсі є захисні покриття на основі композиційних матеріалів. Епоксидні композиційні покриття характеризуються поліпшеними фізико-механічними і теплофізичними властивостями, мають підвищену корозійну тривкість. Такі матеріали відзначаються доброю технологічністю при нанесенні на деталі зі складним профілем поверхні [1].

Постановка задачі. При експлуатації системи «захисне покриття – металева основа» необхідно враховувати цілий комплекс фізико-механічних, теплофізичних, хімічних властивостей: добре змочування і адгезія до металевої основи, опір деформації, стійкість до змінних навантажень, до дії агресивних середовищ, здатність витримувати високі температури, тощо. Крім цього не останню роль відіграють технологічність нанесення покриття, його ремонтпридатність та безпека експлуатації, економічна доцільність. Таким чином, композитне покриття характеризується декількома критеріями якості, які можуть бути суперечливими, тобто покращення однієї характеристики може приводити до погіршення іншої. У цьому плані корисною є багатокритеріальна оптимізація складу інгредієнтів композиційного матеріалу (епоксидна матриця + твердник + пластифікатор + наповнювач), оскільки вміст та тип інгредієнтів суттєво змінює характеристики композиційного матеріалу. Для такої оптимізації пропонується застосування алгоритмів нечіткої логіки на прикладі створення полімерних матеріалів зі зменшеною горючістю та підвищеними фізико-механічними і теплофізичними властивостями для захисту газоходів енергетичних установок [2, 3].

Результати дослідження. З точки зору поставленої задачі оптимізації розглядаються наступні фізико-механічні і теплофізичні параметри матеріалів: кисневий індекс, руйнівне напруження при згинанні, ударна в'язкість, твердість за Брінелем, модуль пружності, теплостійкість за Мартенсом, термічний коефіцієнт лінійного розширення, усадка, відносна втрата маси, енергія активації. Для розв'язку поставленої задачі застосовується один з методів скаляризації векторних оцінок – метод відбору через упорядкування об'єктів за зразком [2]. Під зразком розуміємо клас об'єктів, який характеризуємо узагальненою ціллю $h = (c_1, \dots, c_j, \dots, c_n)$. Вводимо міру узагальненого відхилення від цілі, що дозволяє не тільки знайти об'єкт, найближчий до зразку, але й

упорядкувати об'єкти за віддаленістю від цілі. Розглядаємо зразок, чії властивості формуються обмеженнями за рівністю $y_j = c_j$. Відхилення j -ї ознаки у будь-який бік від точки c_j ($c_j \pm \Delta y_j$) визначає міру віддаленості за цією ознакою об'єкта від цілі. Визначаємо відносне відхилення j -ї ознаки від цілі як

$$\delta y_{ij} = \begin{cases} \frac{|y_{ij} - c_j|}{y_{j,\max} - c_j}; & y_{ij} > c_j; \\ \frac{|y_{ij} - c_j|}{c_j - y_{j,\max}}; & y_{ij} < c_j. \end{cases} \quad (1)$$

де i – номер строки, j – номер стовпчика у матриці (2).

У якості параметрів c_j можна обрати максимальні значення експериментальних фізико-механічних та теплофізичних параметрів (кисневий індекс, руйнуюче напруження, ударна в'язкість, твердість за Брінелем, теплостійкість, енергія активації) і мінімальні значення експериментальних параметрів (втрати маси при підпалюванні, коефіцієнт лінійного розширення). При такому підході формула (1) переведе розмірні величини у відносні в межах шкали (0,1). В результаті для кожного типу пластифікатору, наповнювача та їх комбінацій отримаємо матриці виду

$$R = \begin{pmatrix} & P_1 & P_2 & \dots & P_n \\ q_1 & \delta y_{11} & \delta y_{12} & \dots & \delta y_{1n} \\ q_2 & \delta y_{21} & \delta y_{22} & \dots & \delta y_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ q_m & \delta y_{m1} & \delta y_{m2} & \dots & \delta y_{mn} \end{pmatrix} \quad (2)$$

де $q_1, \dots, q_i, \dots, q_m$ – масове число пластифікатору, або наповнювача, або матеріал з певною комбінацією пластифікатору і наповнювача, $P_1, \dots, P_j, \dots, P_n$ – фізико-механічні та теплофізичні параметри. При теоретичному аналізі були використані адитивна та мультиплікативна згортки, а також критерії Севіджа, Лапласа і Гурвиця.

Проведено апробацію розробленого алгоритму оптимізації для композитної матриці на основі діанового олігомеру ЕД-20 і твердника поліетиленполіаміну. Розглянуто можливість введення двох типів пластифікаторів-антипіренів: трихлоретилфосфату і трикрезилфосфату, а також двох типів наповнювачів: подрібненого базальту з розміром частинок 140 мкм, і поліфосфату амонію. Визначено оптимальний склад захисного покриття.

Висновки. Запропоновано для розв'язку задачі оптимізації складу інгредієнтів захисного композитного покриття використовувати метод відбору через упорядкування об'єктів за зразком. Розроблено алгоритм багатокритеріальної оптимізації складу інгредієнтів захисних композитних покриттів на підставі аналізу зміни фізико-механічних і теплофізичних властивостей.

ЛІТЕРАТУРА

1. Букетов А.В. Епоксидні наноккомпозити: монографія / А.В. Букетов, О.О. Сапронов, В.Л. Алексенко. – Херсон: ХДМА, 2015. – 184 с.
2. Микони С.В. Многокритериальный выбор на конечном множестве альтернатив. – СПб.: Издательство “Лань”, 2009. – 272 с.
3. Дубров А.М. Моделирование рискованных ситуаций в экономике и бизнесе / А.М. Дубров, Б.А. Лагоша, Е.Ю. Хрусталева. – М.: Финансы и статистика, 2000. – 176 с.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПЛАНИРОВКИ ТИПОВЫХ ПОМЕЩЕНИЙ ДЛЯ ПЛАВУЧИХ ДОКОВ

Щедролосев А.В., Терлыч С.В.

*Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова
(Херсонский филиал) (Украина)*

Физическое и моральное устаревание судов торгового и промышленного флотов, пополнение судоходных компаний новыми плавсредствами требует разработок средств для их обслуживания и ремонта, среди которых главную роль играют плавучие доки [1-3]. При проектировании новых судоподъемных сооружений уровень обитаемости должен обеспечивать рациональную планировку жилых, общественных и служебных помещений, достаточные меры для снижения шумов и вибрации. Кроме того, должны быть обеспечены необходимые требования для отдыха обслуживающего персонала. Во время планировки помещений основными критериями являются:

- требования заказчика;
- соответствие нормам, стандартам и требованиям классификационного общества;
- производственные мощности предприятия-строителя;
- район эксплуатации и технологические особенности проведения работ, связанных с докованием судов и плавучих сооружений.

Для упрощения расчётов целесообразно все измерения и обозначения выполнять в общекорабельной трёхмерной системе координат. При этом применена система автоматизированного проектирования 3D-max, что позволяет использовать компьютерную модель дока не только в данном исследовании, но и при насыщении помещений оборудованием, мебелью, трассировке систем, трубопроводов и электротрасс, расчётов прочности отдельных элементов. Кроме того, такой подход позволяет, путём введения поправочных коэффициентов, изменять главные размерения и число кают, что дает возможность использовать компьютерную модель для применения практически на всех проектах двухбашенных плавдоков (при этом жилые и общественные помещения, пищеблок и банно-прачечный комплекс размещены в правой башне, энергетические помещения и посты – в левой), а также выполнять основные расчёты геометрических и конструктивных характеристик любых помещений.

Результаты исследования позволяют рассчитать основные геометрические параметры судовых помещений с учётом применения стандартных композитных зашивочных панелей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Проектирование, технология и организация строительства композитных плавучих доков: монография / А. С. Рашковский [и др.]; науч. ред. А. С. Рашковский ; Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова. – Николаев : НУК, 2008. – 614 с.: рис. – Библиогр.: с. 556-573. – ISBN 978-966-96838-2-3 (Рал-полиграфия).
2. Основы совершенствования пожарной безопасности в судостроении: Монография / А.С. Рашковский, С.А. Рашковский, Н.П. Романчук, Н.И. Поступальский, В.Ф. Слепченко. – Николаев: НУК, 2007. - 321 с.
3. Щедролосев, А.В. Вопросы безопасности применения тепловой изоляции для огнестойких конструкций плавучих доков / А.В. Щедролосев, С.В. Терлыч // Рибне господарство України. - 2011. - № 6. - С. 33-39.

СЕКЦІЯ 6

ПРОБЛЕМИ ПІДГОТОВКИ СПЕЦІАЛІСТІВ ДЛЯ ТРАНСПОРТНОЇ ГАЛУЗІ



СТВОРЕННЯ УМОВ ДЛЯ ЯКІСНОЇ ПІДГОТОВКИ КОМПЕТЕНТНИХ ФАХІВЦІВ З ЕКСПЛУАТАЦІЇ МОРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ

Акімов О.В., Черненко В.В.

Херсонська державна морська академія (Україна)

Необхідність модернізації морської інженерної освіти, продиктована технологічною революцією, наштовхується на протиріччя, пов'язане з обмеженими можливостями із сприйняття і засвоєння її досягнень вітчизняною вищою технічною школою. Вирішення цієї суперечності, зокрема, вимагає постійного оновлення змісту «старих» курсів і введення «нових».

Більшість варіативних дисциплін відноситься до спеціальних дисциплін і викладаються на завершальній стадії навчання. Вони мають специфічні внутрішньовузівські особливості і, як правило, вимагають повної переробки старих або розробки нових навчальних курсів. Нові навчальні курси будуються на загальних дидактичних і психологічних основах з урахуванням інженерної специфіки. З дидактичної точки зору проблема побудови навчального предмета є проблема змісту навчання, яким реалізуються різні цілі навчання. З психологічної точки зору це проблема нормативних способів передачі професійного досвіду і організація специфічних видів і способів діяльності по його засвоєнню, а також проблеми формування професійного мислення у студентів, визначення меж їх інтелектуального розвитку на різних курсах і можливостей правильно сприймати наукову картину світу.

При розробці навчальних дисциплін ми виходимо з того, що навчальний предмет не повинен являти собою лише урізану і препаровану копію конкретної науки. Завдання полягає не в тому, щоб включити в досліджувану дисципліну зміст знань, що становлять основу відповідної науки, а в тому, щоб її зміст і спосіб оволодіння нею формували необхідний рівень компетентності випускника і закладали основи його професіоналізму. Окремі функціональні одиниці науки можуть бути змістом навчання, проте в навчальну дисципліну вони повинні вводитися через діяльність, яка б пов'язала науку і досліджувану дисципліну. Близькість курсантів (студентів) до умов виробництва полегшує наповнення цієї діяльності більш конкретним змістом.

Розробка навчальної дисципліни вимагає комплексного підходу. Це передбачає спірання не тільки на позитивний зміст тієї науки, яку вона представляє, а й на логічні уявлення про будову науки як однієї з форм відображення дійсності, на розвинене розуміння психологічної природи зв'язку розумової діяльності курсантів (студентів) з вмістом засвоєваних знань, на володіння способами формування цієї діяльності. Навчальна програма, яка фіксує зміст дисципліни, повинна розкривати «конститууючі моменти» даного змісту і специфіку теоретичного підходу до даної дисципліни.

Більшість існуючих навчальних програм мають недоліки, які проявляються в тому, що у курсантів (студентів) формуються швидше розсудливо-емпіричне, ніж професійне мислення. Одна з цілей використовуваних нами методів активізації навчального процесу – зміна спрямованості формування типу мислення. Так, ділові імітаційні ігри сприяють забезпеченню пізнавальної самостійності студентів, виводять їх пошукові вміння на більш високий рівень узагальнення, розвивають здатність застосовувати отримані знання в різних виробничих ситуаціях, включати ці знання в нові системи для розширення меж пізнання.

Ідея зв'язку мислення з засвоєваними знаннями є однією з найважливіших в діяльній теорії навчання. Цей зв'язок змістовно розкривається через організацію способу засвоєння як специфічної діяльності, що відтворює знання про об'єкт вивчення. Спосіб організації пізнавальної діяльності в якості планомірного дослідження предмета визначає зміст засвоєваних знань про нього, стаючи способом мислення. Так, в ході проведення на навчальних заняттях ділових імітаційних ігор курсанти (студенти) віддаляються від академічного і наближаються до професійного способу мислення.

Професійне мислення – переважаюче використання прийнятих в даній професійній області прийомів вирішення проблемних завдань, способів аналізу професійних ситуацій, прийняття професійних рішень – використовує розумові операції як засоби здійснення професійної діяльності і є важливим компонентом операціонально сфери. Воно включає в себе процес узагальненого і опосередкованого відображення професійної реальності; шляхи отримання нових знань про різні сторони праці та способах їх перетворень; прийоми постановки, формулювання та вирішення професійних завдань; етапи прийняття і реалізації рішень у професійній діяльності: прийоми цілеутворення в ході праці, вироблення нових стратегій.

Професійне мислення відноситься до професійно важливих якостей (ПВЯ) – індивідуальним якостям суб'єкта діяльності, що впливає на ефективність діяльності і успішність її освоєння. У міру оволодіння професійною роллю ПВЯ розвиваються, складаються прийоми їх компенсації, вдосконалюється їх структура. Процес становлення ПВЯ характеризується насамперед формуванням досить стійких зв'язків між окремими ПВЯ, що зберігаються на різних рівнях професіоналізації, і збільшенням загального числа значущих зв'язків в структурі ПВЯ. Ми маємо мало можливостей впливати на цей процес, проте повинні враховувати його особливості при побудові навчальних курсів.

У той же час ми можемо виявляти і ефективно впливати на професійні здібності – індивідуально-психологічні властивості, що відповідають вимогам даної професійної діяльності і є умовою її успішного виконання. Ці здібності не зводяться до конкретних знань, умінь, навичок. Вони формуються на основі загальнолюдських здібностей спираючись на спеціальні здібності, якщо ті виникли раніше або одночасно з професійними.

Технічні можливості виникають на фоні загальнолюдських здібностей як індивідуально-психологічні характеристики, що забезпечують успішність виконання людиною інженерних видів діяльності. В межах професійних здібностей розрізняються загальні та спеціальні здібності: наприклад, здатність бути інженером (загальні здібності) і здатність бути інженером-механіком з експлуатації суднових енергетичних установок (спеціальні здібності).

Професійні здібності є як умовою, так і результатом професійної діяльності, підсумком становлення професійного типу особистості. Особливості особистості, виступаючи професійно важливими якостями (на відміну від психофізіологічних ознак), можуть виступати в ролі чинників успішного надійності діяльності професіонала. Професійний розвиток особистості являє собою системне явище, яке визначається загальними закономірностями психічного розвитку і те, що відбувається в певних соціокультурних умовах.

Можна виділити основні етапи розвитку професіонала, що дають уявлення про системні відносини, що характеризують особу. На першому етапі за рахунок предметних і соціальних мотивів, що йдуть від сім'ї і школи, розвиваються основні професійно релевантні здібності, інтереси, оцінки, закладаються основи професійної «его-концепції», отримуються перші загальні професійні уявлення. Далі на етапі самовизначення виникають і формуються професійні наміри і первісна орієнтування, відбувається розвиток і диференціація «его-концепції». При цьому виявляється професійна спрямованість як властивість особистості, що включає практичний і емоційно-когнітивний компоненти. Далі йдуть етапи професійної освіти і адаптації, коли відбувається кристалізація і спеціалізація професійних уподобань. Останній етап самореалізації пов'язаний з накопиченням досвіду і просуванням по службі. Виділені етапи професійного розвитку частково збігаються з етапами загального вікового розвитку.

Таким чином правильна побудова навчального плану та змісту навчальних дисциплін дозволить створити умови для якісної підготовки компетентного фахівця з експлуатації морського транспорту, здатного розвиватися, який матиме переваги перед конкурентами на перенасиченому ринку праці в умовах кризи сьогодення.

ПРЕДПОСЫЛКИ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАНИЯ И КОМПЕТЕНТНОСТИ МОРСКОГО ИНЖЕНЕРА

Акимова А.А.

Херсонская государственная морская академия (Украина)

Оценка качества высшего морского образования является чрезвычайно сложной задачей и требует создания моделей со многими исходными параметрами, включающими цели и задачи обучения, стратегии и образовательные ориентиры. Необходимо соответствие стратегической модели специалиста международным стандартам в соответствии с требованиями ИМО, востребованность и спрос на рынке труда и т.п. Содержательные границы категории «качество высшего морского образования» можно определять на основе характеристики общей структуры требований к человеку с высшим техническим образованием. Качество подготовки будущего специалиста синтезируется из качеств:

- 1) абитуриента, представляющего «вход» в систему подготовки специалиста;
- 2) рабочих учебных планов и программ дисциплин;
- 3) инновационных образовательных технологий, обеспечивающих возможность формирования необходимого уровня профессиональных компетенций, регламентируемого ПДНВ;
- 4) контрольных процедур, обеспечивающих возможность определения действительного достижения сформированности у обучаемых профессиональных компетенций;
- 5) подготовки курсантов (студентов), как внутреннего качества системы, результатов функционирования процессов и качества этих процессов, обеспечивающих определение соответствия действительного уровня образованности курсантов (студентов) запланированному и удовлетворенности курсантами (студентами) образовательным процессом и его результатом;

6) подготовки морских специалистов (качество итоговой государственной аттестации, отзывы работодателей, отзывы самих выпускников).

В настоящее время основные требования к качеству подготовки специалистов в морских вузах сводятся к следующему:

- знание и понимание курсантом (студентом) современных научно-технических, общественных и политических проблем;
- умение применять естественно-научные, математические и инженерные знания на практике;
- умение применять навыки и изученные методы в инженерной практике на судне;
- способность эксплуатировать и обслуживать сложные морские технические объекты и системы, а также при необходимости проводить анализ отказов оборудования и проводить их устранение в различных условиях работы и на разных режимах;
- при необходимости проектировать технические процессы и системы в соответствии с поставленными задачами;
- способность планировать и проводить инженерный анализ и эксперимент, фиксировать и интерпретировать экспериментальные данные;
- способность работать в многонациональном коллективе используя междисциплинарные связи;
- способность эффективно взаимодействовать в коллективе.

Кроме того, качественно подготовленный специалист как лицо, принимающее не только технические, но и управленческие решения, должен обладать профессиональной и этической ответственностью и широкой эрудицией, достаточной для понимания последствий принятых им решений.

РЕАЛІЗАЦІЯ КОМПЕТЕНТІСНОГО ПІДХОДУ ПРИ ВИВЧЕНІ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «СУДНОВІ КОТЕЛЬНІ УСТАНОВКИ»

Бабій М.В., Скрипка Г.Л.

Херсонська державна морська академія (Україна)

Щорічно на судах морського флоту на кожні 1000 котлів стається близько 3...4 аварій. Згідно статистичних даних [1] з розслідування аварій, близько 80 % з них трапляється внаслідок так званого людського фактору. Здебільшого причинами аварій судових котлів є упуск води, вибухи в топках та газоходах, пожежі в газоходах, руйнування корпусів, втомні руйнування, корозійні пошкодження, порушення циркуляції води. Вказані причини є наслідком відсутності контролю за роботою котлів, недостатнього контролю при роботі котла з ручним управлінням, недостатнього контролю за роботою котельної арматури, неправильного введення котла в дію, недостатнього контролю за справністю систем захисту та сигналізації або інші грубі порушення правил технічної експлуатації. Враховуючи факт залежності дизельних і котельних установок, допоміжного обладнання та обслуговуючих систем та систем підтримки нормальних умов життєдіяльності, безпеку та технологічні потреби суден від теплоносіїв, що виробляє суднова котельна установка, зрозумілим є те, що некомпетентність дій машинної команди може привести до повної зупинки судна і, як наслідок, до значних збитків для судовласника. Тому однією з головних задач у підготовці судового інженера-механіка є оволодіння необхідними компетентностями з експлуатації судових котельних установок.

Забезпечення необхідних знань, вмінь та навичок з експлуатації судових котельних установок при підготовці майбутнього судового механіка в рамках навчального процесу здійснюється при вивченні навчальної дисципліни «Суднові котельні установки», яка є дисципліною циклу професійної підготовки фахівців та полягає у формуванні знань курсантів (студентів) стосовно грамотної технічної експлуатації допоміжних та утилізаційних судових котлів та систем, що їх обслуговують, а також, у поодиноких випадках, в умінні експлуатувати головні суднові котли.

Метою вивчення дисципліни «Суднові котельні установки» є підготовка фахівця до практичної діяльності в якості вахтового механіка з експлуатації судових енергетичних установок (СЕУ), у тому числі судових котельних установок, а також допоміжного обладнання та систем, що їх обслуговують, відповідно до вимог Міжнародної конвенції з підготовки, дипломування моряків та несення вахти (ПДМНВ 78/95) і Манільських поправок до неї 2010 р, а також забезпечення отримання ряду компетентностей згідно з модельними курсами ІМО MODEL COURSE 7.02 та 7.04.

Дисципліна «Суднові котельні установки» є базовою при формуванні підсумкової кваліфікації випускника (судномеханіка) з експлуатації судових енергетичних установок, в тому числі котельних і допоміжних установок, механізмів і пристроїв, та забезпечує отримання компетентностей згідно вимог Кодексу з підготовки і дипломування моряків та несення вахти ІМО MODEL COURSE 7.04 – Розділ 1.4.1.4 Суднові котли; ІМО MODEL COURSE 7.02 – Розділ 1.3.3 Ефективне використання, спостереження, оцінка робочих характеристик та підтримка безпеки пропульсивної установки та допоміжних механізмів.

У процесі вивчення цієї дисципліни курсанти (студенти) отримують знання з експлуатації котельних установок з різними типами парових (термомасляних) та котлів: головних, допоміжних і утилізаційних, водотрубних і газотрубних, а також – засобів їх автоматизації. Вивчають нормативні документи та інструкції з технічної експлуатації судових котлів, а також технічних засобів, що забезпечують надійність котельних агрегатів на різних режимах експлуатації.

Для опанування дисципліни «Суднові котельні установки» студент (курсант) повинен

мати певний рівень залишкових знань: з матеріалознавства, гідромеханіки, термодинаміки і теплопередачі, інженерної графіки і нарисної геометрії, загальної і технічної хімії, екології та охорони навколишнього середовища. Для освоєння зазначеної дисципліни студенти (курсанти) повинні володіти знаннями з циклу загальноінженерних і природничо-наукових дисциплін, а також володіти знаннями, навичками і уміннями, отриманими при вивченні дисципліни «Основи суднової енергетики». Завершальним етапом вивчення дисципліни «Суднові котельні установки» має бути тренажерна підготовка з експлуатації суднових котельних установок для забезпечення необхідних компетенції у курсантів.

В результаті освоєння дисципліни студент (курсант) повинен:

знати:

– робочі процеси, що відбуваються в елементах теплової схеми суднової котельної установки;

– конструктивні особливості головних, допоміжних, утилізаційних парових котлів, термомасляних котлів, а також їх елементів і засобів автоматичного управління;

– послідовність запуску в роботу і зупинки котлоагрегатів і їх засобів автоматики;

– керівні документи з експлуатації котельних агрегатів і їх засобів автоматичного управління.

– правила технічної експлуатації суднових технічних засобів і конструкцій.

вміти:

– самостійно вести технічну документацію (реєстрівну книгу і журнал технічного стану суднової котельної установки);

– забезпечити безпеку і надійність суднової котельної установки на різних режимах технічної експлуатації;

– виконувати адекватні дії в надзвичайних ситуаціях, пов'язаних з пожежею в газоходах парових котлів, викидами пари і гарячої води, відмовою системи регулювання та ін.;

– визначати ефективність суднової котельної установки та шляхи її підвищення;

володіти:

– навичками технічної експлуатації суднових котельних установок;

– навичками розробки технічної документації на ремонт і відновлення вузлів суднової котельної установки, що вийшли з ладу;

– навичками розбирання, регулювання та складання арматури і контрольно-вимірювальних приборів суднової котельної установки;

– навичками ведення технічної документації по експлуатації суднової котельної установки;

– навичками самостійного управління суднової котельної установки при підготовці, пуску та обслуговування котла в дії, а також в період зупинки;

– навичками визначення характерних несправностей і пошкоджень котлів, а також їх причин і вибір способів усунення в суднових умовах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Денисенко Н.И., Костылев И.И. Судовые котельные установки / Учебник для ВУЗов. – СПб.: «Элмор», 2005 – 286 с.

ОСНОВНІ ЗАСОБИ, ПРИЙОМИ ТА МЕТОДИ ФОРМУВАННЯ НАВИЧОК САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ КУРСАНТІВ З УКРАЇНСЬКОЇ МОВИ (ЗА ПРОФЕСІЙНИМ СПРЯМУВАННЯМ)

Бараненко А.І.

Херсонська державна морська академія (Україна)

Оскільки самостійна робота, в умовах сучасного освітнього процесу, займає одне з провідних значень важливо обирати та застосовувати найефективніші методи та прийоми.

Самостійність – це одна з найважливіших рис спеціаліста. Активна самостійна діяльність фахівця значною мірою обумовлюється самостійністю його мислення, яка закладається в студентські роки.

Вважаємо доцільним розглянути основні дидактичні категорії. Отже, **метод навчання** – взаємопов'язана діяльність викладача та учнів, спрямована на засвоєння учнями системи знань, набуття умінь і навичок, їх виховання і загальний розвиток.

Прийом навчання – сукупність конкретних навчальних ситуацій, що сприяють досягненню проміжної (допоміжної) мети конкретного методу.

Залежно від походження інформації виділяють: словесні, наочні та практичні методи; від мети: методи здобуття нових знань, метод формування умінь і навичок, метод застосування знань на практиці, методи творчої діяльності, методи закріплення знань, умінь і навичок, методи перевірки і оцінювання знань, умінь і навичок.

Під час організації самостійної роботи курсантів Херсонської державної морської академії з предмету «Українська мова (за професійним спрямуванням)» застосовуються різноманітні методи та прийоми.

Враховуючи особливість навчально-пізнавальної діяльності курсантів, застосовуються: *пояснювально-ілюстративний* (інформаційно-рецептивний) метод: викладач організує сприймання та усвідомлення курсантами інформації, а курсанти здійснюють сприймання (рецепцію), осмислення і запам'ятовування її, що допомагає під час виконання самостійної роботи; *репродуктивний*: викладач дає завдання, у процесі виконання якого курсанти здобувають уміння застосовувати знання за зразком, а саме відтворюючи здобуті знання вміння та навички у процесі виконання самостійної роботи; *проблемного виконання*: викладач формулює проблему і вирішує її, курсанти стежать за ходом творчого пошуку (курсантам подається своєрідний еталон творчого мислення); *частково-пошуковий* (евристичний): викладач формулює проблему, поетапне вирішення якої здійснюють курсанти під його керівництвом (при цьому відбувається поєднання репродуктивної та творчої (самостійної) діяльності учнів); *дослідницький*: викладач ставить перед курсантами проблему, і ті вирішують її самостійно, висуваючи ідеї, перевіряючи їх, підбираючи для цього необхідні джерела інформації, засоби, матеріали тощо.

Залежно від особливостей викладання та учіння, в яких поєднуються методи викладання (діяльність викладача) з відповідними методами учіння (діяльність курсантів): *інформаційно-повідомляючий метод викладання і виконавчий метод учіння*. Передбачають викладання навчального матеріалу без докладного пояснення, узагальнення й систематизації, а курсанти – заучують його без достатнього аналізу та осмислення; *пояснювальний метод викладання і репродуктивний метод учіння*. Викладач не тільки повідомляє певні факти, але й пояснює їх, домагаючись осмислення, засвоєння курсантам (курсанти засвоюють матеріал на рівні розуміння і запам'ятовування); *інструктивно-практичний метод викладання і продуктивно-практичний метод учіння*. Викладач інструктує курсантів словесними, наочними або практичними способами, як виконувати певні практичні дії; курсанти за допомогою вправ відшліфовують різні уміння і навички; *пояснювально-спонукальний метод викладання і частково-пошуковий метод учіння*.

Викладач частину навчального матеріалу подає в готовому вигляді, іншу частину – через проблемні завдання; курсанти засвоюють навчальний матеріал як за допомогою репродуктивного, так і творчого, дослідницького методу; *спонукальний метод навчання і пошуковий метод учіння*. Викладач ставить перед курсантами проблемні питання і завдання, організовуючи їх самостійну діяльність; курсанти самостійно здобувають і засвоюють нові знання в основному без допомоги викладача.

Окрім того, варто зазначити методи які враховують одночасно навчальну діяльність викладача і пізнавальну діяльність курсантів: методи організації і здійснення навчально-пізнавальної діяльності; методи стимулювання і мотивації навчально-пізнавальної діяльності; методи контролю і самоконтролю за ефективністю навчально-пізнавальної діяльності.

Важливою складовою є також *методи організації та здійснення навчально-пізнавальної діяльності*. До цієї групи належить сукупність методів (словесні, наочні, практичні), спрямованих на передачу і засвоєння курсантами знань, формування умінь і навичок.

Застосування вчителем усього набору методів навчання у їх численних комбінаціях і поєднаннях забезпечує високу ефективність організації самостійної навчальної діяльності курсантів. Взаємодія і взаємозв'язок методів навчання виявляються за єдності завдань і змісту навчання. Провідна роль завжди належить викладачу, а успішність навчального процесу залежить від того, наскільки аргументовано, доцільно і майстерно він застосовує конкретні методи навчання.

Підвищення ефективності методів навчання значною мірою можливе завдяки продуманому використанню різноманітних матеріально-технічних засобів навчання.

Засоби навчання – допоміжні матеріально-технічні засоби з їх специфічними дидактичними функціями.

Технічні засоби навчання – обладнання й апаратура, що застосовуються в навчальному процесі з метою підвищення його ефективності.

Залежно від дидактичного призначення використовують як джерело знань посібник для самостійної роботи, засіб ілюстрації, повторення та систематизації. Застосовують як окремо, так і в комплексі – одночасно або послідовно поєднують різні за навчальними й виховними можливостями засоби перед поясненням, під час пояснення чи повторення навчального матеріалу.

Друковані засоби. До них належать таблиці, картки для складання таблиць, картини, роздавальний образотворчий матеріал. **Засоби слухової наочності.** *Компакт-диски і аудіокасети* є головними засобами слухової наочності. Сприяють виробленню літературної вимови, наголосу, інтонації тощо. **Наочно-слухові (аудіовізуальні) засоби навчання.** До них належать діафільми із звуковим супроводом, кінофільми та кінофрагменти. **Комплексне використання аудіовізуальних засобів навчання.**

При підготовці і проведенні навчального заняття з використанням технічних засобів навчання необхідно: детально проаналізувати зміст і мету, зміст і логіку навчального матеріалу; визначити обсяг та особливості знань, які повинні засвоїти курсанти (уявлення, факти, закони, гіпотези), необхідність демонстрування предмета, явища або їх зображення; відібрати і проаналізувати аудіовізуальні та інші дидактичні засоби, визначити їх відповідність змісту і меті уроку, можливе дидактичне призначення; з'ясувати, на якому попередньому пізнавальному досвіді відбуватиметься вивчення кожного питання теми; визначити методи і прийоми для активної пізнавальної діяльності курсантів, досягнення ними міцного засвоєння знань, умінь і навичок. Загалом практикують такі поєднання аудіовізуальних засобів: статичні екранні і звукові посібники, динамічні і статичні екранні, динамічні екранні і звукові, динамічні і статичні, екранні, звукові.

ПРОБЛЕМИ УДОСКОНАЛЕННЯ РОЗРАХУНКІВ ЕКОНОМІЧНОГО РОЗДІЛУ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ СПЕЦІАЛІСТІВ МОРСЬКОЇ ГАЛУЗІ

Безуглова І.В., Васильченко К.Г.

Херсонська державна морська академія (Україна)

Сучасний фахівець морського транспорту при експлуатації суднової енергетичної установки (СЕУ), відповідно до вимог компетентнісного підходу, повинен бути готовий до прийняття рішень з удосконалення їх складу та показників. Ці рішення повинні прийматись на основі ретельного економічного аналізу.

Відповідно до цих вимог при виконанні дипломного проекту [1] один із розділів містить техніко-економічне обґрунтування запропонованих технічних рішень. При цьому обчислюють реальний економічний ефект від функціонування СЕУ у цілому та її окремих компонентів відповідно до теми роботи, обчислюють техніко-економічні показники, наприклад, інвестиції, доходи, витрати, прибутки, збитки і т. ін., порівнюють економічні характеристики різних варіантів технічних та технологічних рішень, оцінюють їхню повну економічну ефективність.

Основним фактором забезпечення ефективності випускної роботи є економічно обґрунтовані, запропоновані в ньому технічні та організаційні рішення. При цьому найбільш доцільним є порівняння, як мінімум, двох варіантів – базового та з нововведеннями.

При виконанні економічного розділу дипломного проекту, перш за все, необхідно обрати методику розрахунку економічної ефективності.

Для дипломника, що не є спеціалістом у галузі економіки, найбільш доцільним є розрахунок за узагальненими техніко-економічними показниками, що дозволяє отримати досить точний кінцевий результат при мінімальних витратах часу і використуваних ресурсів. При цьому дипломник має вміти вірно обирати і оцінювати основні показники та вільно орієнтуватися у реальних межах очікуваних результатів від виконаних техніко-економічних розрахунків.

Економічна ефективність виконуваного рейсу, як правило, визначається порівнянням планових і фактичних показників, заданих норм і нормативів та рейсовим завданням. Чим повнішим буде перелік цих показників, тим більш вірним буде кінцевий результат.

Річний економічний ефект від удосконалення управління і роботи суднових механізмів визначається за формулою:

$$E_p = (B_{\delta} - B_{np})A_{np}, \quad (1)$$

де B_{δ} і B_{np} – річні приведені витрати за базовим і запропонованим варіантами, тис. грн. або \$;

A_{np} – кількість суден, на яких впроваджуватимуться запропоновані проектні рішення.

Основним показником порівняльної економічної ефективності (E_p) двох або більше варіантів запропонованих рішень є мінімум приведених річних витрат (B_n) – суми поточних витрат (B) і нормативного прибутку (E_n) з інвестицій (K), які визначаються по кожному з варіантів:

$$B_n = B + E_n K \rightarrow \min, \quad (2)$$

де B – річні витрати на експлуатацію судна, тис. грн. або тис. \$;

E_n – нормативний коефіцієнт економічної ефективності інвестицій, $E_n = 0,20$;

K – інвестиції на виробництво і впровадження створених і рекомендованих у проекті техніко-економічних заходів, тис. грн. або \$.

Найбільш ефективним є той варіант, у якого V_n мінімальні [2].

Для більш виваженого та науково обґрунтованого вибору варіантів удосконалення ми пропонуємо використати метод, який носить назву «Дерево рішень».

На основі вивчення економічної суті побудови дерева рішень і виконаних оцінок можливостей його застосування при удосконаленні складових СЕУ, запропоновано процес прийняття рішень, який складається з ряду послідовних етапів (рис. 1) [3].

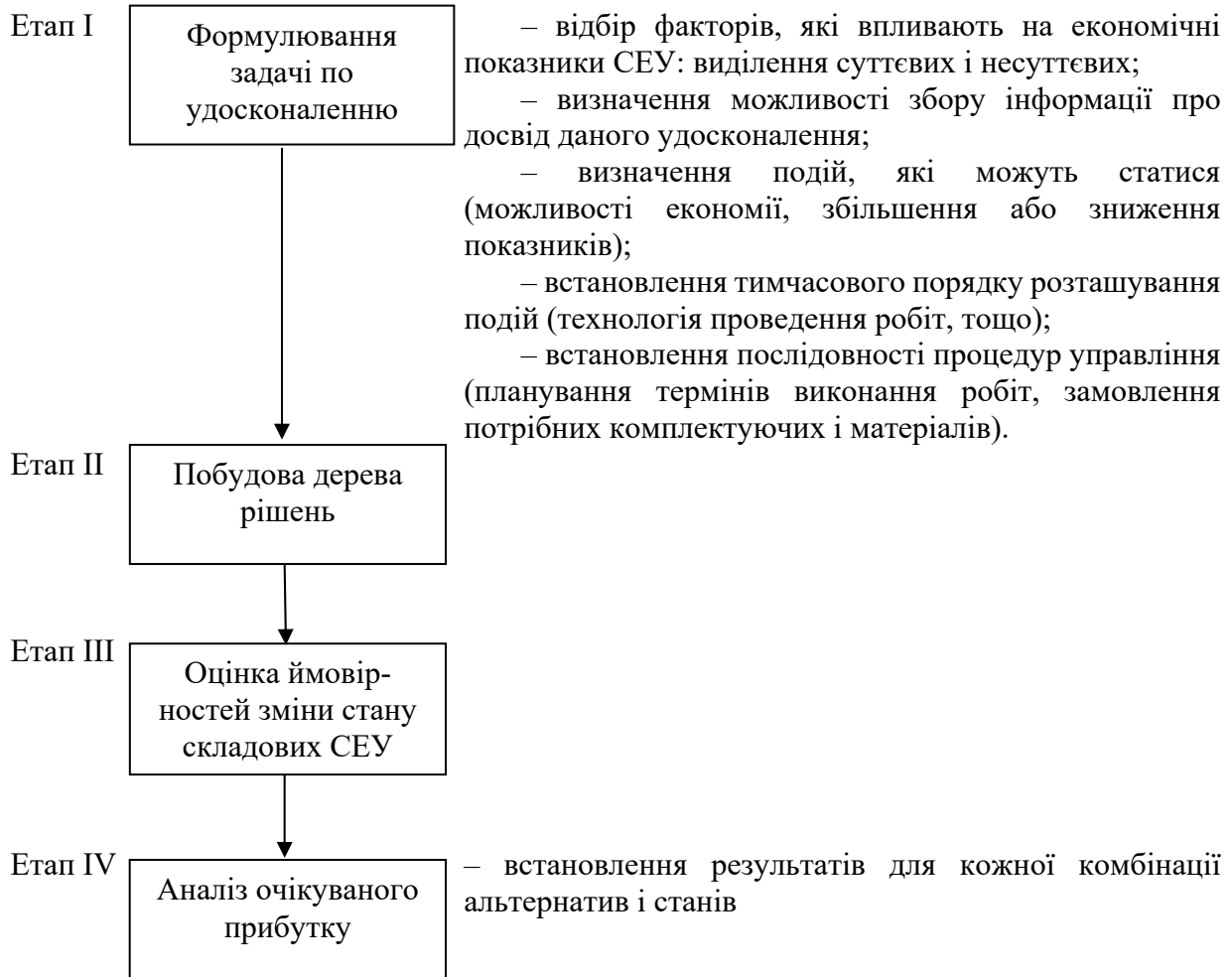


Рисунок 1. Процес прийняття рішень з удосконалення СЕУ

Освоєння апарату прийняття рішень дозволить відкинути завідомо гірші варіанти, вбереже від грубих помилок і дозволить виявити характер додаткової інформації, на базі якої може бути здійснене подальше звуження множини альтернатив і знаходження оптимальної.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гончаренко А.В. Методичні вказівки до дипломного проектування для курсантів спеціальності 7.100302 «Експлуатація суднових енергетичних установок» усіх форм навчання. / А.В. Гончаренко – Херсон: ХДМІ, 2009. – 63 с.
2. Настасенко В.О. Методичні рекомендації до виконання економічного розділу дипломного проекту освітньо-кваліфікаційного рівня «спеціаліст» за спеціальністю 7.07010402 «Експлуатація суднових енергетичних установок» / В.О. Настасенко, Т.А.Стовба, І.В. Безуглова – Херсон: ХДМА, 2012. – 24 с.
3. Васильченко К.Г. Формування сталого розвитку економіки: колективна монографія / за заг. ред. д.е.н., проф. М.В. Шарко. – Херсон: ПП Вишемирський В.С., 2014. – С.50-61.

ІМПЛЕМЕНТАЦІЯ КОМПЕТЕНТНІСНОГО ПІДХОДУ ПРИ ВИКЛАДАННІ ДИСЦИПЛІН ЕКОНОМІЧНОГО СПРЯМУВАННЯ ДЛЯ ФАХІВЦІВ МОРСЬКОЇ ГАЛУЗІ

Безуглова І.В., Стовба Т.А.

Херсонська державна морська академія (Україна)

Серед освітніх проблем спостерігається значне падіння якості вищої освіти в Україні порівняно із доперестроєвним періодом та її відставання від країн – технологічних лідерів унаслідок: слабкого зв'язку вищої освіти із потребами ринку праці в умовах глобалізації, відсутності жорстких стандартів щодо якості вищої освіти, недотримання економічної, правової та моральної відповідальності фахівців, які надають знаннємісткі послуги.

Впровадження компетентнісного підходу сприяє подоланню існуючих проблем та підвищенню якості вищої освіти, оскільки набуття життєво важливих компетентностей формує здатність особистості швидко реагувати на зміни зовнішнього середовища та адаптуватись до них, сприяє забезпеченню конкурентоспроможності фахівця на ринку праці і в суспільстві в умовах економіки знань.

Тому реалізація компетентнісного підходу вимагає від викладачів побудувати структуру дисципліни таким чином, аби цілеспрямовано формувати компетентності, якими має оволодіти фахівець згідно розробленої моделі, представленої у специфікації компетентностей спеціальності судноводіння, суднова енергетика, суднова електротехніка за всіма рівнями професійної освіти.

Викладачами кафедри економіки та морського права Херсонської державної морської академії розроблені навчально-методичні комплекси дисциплін «Економічна теорія», «Економіка морської галузі», «Логістика в морському транспорті», «Технологія морських перевезень», «Маркетинг та менеджмент підприємств морегосподарського комплексу», «Морське право», «Економіка мореплавства», «Економіка судноплавства», «Комерційна експлуатація суден» до складу яких входять робоча програма, стислий конспект лекцій, методичні рекомендації для проведення практичних занять, методичні рекомендації для виконання самостійної роботи, перелік питань до заліку та іспиту, тестові завдання згідно з компетентнісним підходом, комплексні контрольні завдання.

Відповідно до компетентнісного підходу розроблено методичні рекомендації до виконання економічного розділу випускної роботи.

Метою виконання економічного розділу випускної роботи є закріплення теоретичних знань, отриманих при вивченні дисциплін «Економічна теорія», «Економіка морської галузі», «Економіка мореплавства», «Комерційна експлуатація судна» та набуття у відповідності з компетентнісним підходом навичок з розрахунку основних економічних показників експлуатації судна в рейсі.

Виконання економічного розділу випускної роботи направлено на формування у майбутніх морських фахівців наступних компетентностей:

1) загальнонаукових: застосовувати теоретичні знання у вирішенні конкретних питань економіки, планування та організації роботи транспортного флоту та суден (таблиця А-II/2 Конвенції ПДМНВ) [1];

2) системних:

– вміти досліджувати та аналізувати економічні можливості морського транспорту (таблиця А-II/2 Конвенції ПДМНВ);

– розробляти і реалізовувати плани розвитку транспортного флоту, аналізувати й узагальнювати результати роботи судна та флоту (таблиця А-II/2 Конвенції ПДМНВ);

3) проводити техніко-економічний аналіз, обґрунтовувати ухвалені рішення та вміти вирішувати на цій основі практичні задачі професійної діяльності (ІМО-Model Course р.7.01) [2], що спрямовані на формування компетентності у сфері економічної діяльності:

– загальної економічної оцінки результатів власної професійної діяльності;

– конкретного техніко-економічного обґрунтування прийнятих нових технічних і організаційних рішень у рамках обраного фаху.

Зміст цієї компетенції має відображати знання, отримані дипломниками внаслідок попереднього вивчення дисциплін з циклу гуманітарної і соціально-економічної підготовки, а саме: «Економічна теорія» та «Економіка морської галузі», а також дисциплін з циклу професійної підготовки при вивченні всіх матеріалів блоків змістовних модулів.

Метою науково-дослідної роботи співробітників кафедри є розвиток теоретико-методичних основ економічного та правового забезпечення морського транспорту в умовах глобалізації, розробка методичних і практичних рекомендацій щодо модернізації морської галузі України.

В межах впровадження компетентнісного підходу колектив кафедри здійснює наукові дослідження за наступними напрямками:

- виклики глобалізації і зміна парадигми розвитку морського транспорту;
- регіональні аспекти розвитку і проблеми формування збалансованого економічного простору;
- формування механізму управління економічною безпекою на підприємствах морської галузі в умовах глобалізації;
- розробка стратегії розвитку морського транспорту України на інноваційній основі;
- визначення стратегії і тактики модернізації морської галузі України в умовах глобалізації;
- визначення тенденцій розвитку та методології сучасної інвестиційної діяльності в транспортній галузі;
- розробка теоретико-методичних основ і визначення можливостей використання світового досвіду реалізації транспортно-логістичних інвестпроектів
- обґрунтування факторів впливу на розвиток інфраструктури морського транспорту;
- удосконалення правових та економіко-організаційних аспектів формування інвестиційної стратегії в торговому мореплаванні України;
- напрямки удосконалення комерційної експлуатації суден.

ЛІТЕРАТУРА

1. Конвенция ПДНВ и Кодекс ПДНВ. Международная морская организация. ИМО: Лондон, 2013.- 413с."
2. IMO MODEL COURSE. London, 2011.

ФОРМУВАННЯ КЛЮЧОВИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ СТУДЕНТІВ В ПРОЦЕСІ ЗАГАЛЬНОІНЖЕНЕРНОЇ ПІДГОТОВКИ

Васильченко Г.Ю., Знамеровська Н.П.
Херсонська державна морська академія (Україна)

Включення України в світову економічну і освітню спільноту вимагає докорінного реформування підходу до формування якостей особистості. Особливо актуальною ця вимога є для фахівців морської галузі, які вже давно працюють за її законами і правилами.

Завдання освіти XXI століття, сформульовані Жаком Делором:

- ...«– навчитися пізнавати;
- навчитися робити;
- навчитися жити разом;
- навчитися жити»... – визначають по суті основні глобальні компетентності.

Традиційно цілі вищої освіти при підготовці фахівців морського транспорту визначалися набором знань, умінь і навичок (ЗУНів), які повинен опанувати випускник і які відображенні в міжнародних документах (Кодекс ПДМНВ, положення ІМО). Сьогодні такий підхід виявляється недостатнім і головним завданням є підготовка випускника такого рівня, щоб потрапляючи в проблемну ситуацію, він міг знайти кілька способів її вирішення, вибрати раціональний спосіб, обгрунтувавши своє рішення.

А це багато в чому залежить не від отриманих ЗУНів, а від якихось додаткових якостей, для позначення яких і вживається поняття «компетентності», як більш відповідне розумінню сучасних цілей освіти..

На думку сучасних педагогів, саме придбання життєво важливих компетентностей дає людині можливість орієнтуватися в сучасному суспільстві, формує здатність особистості швидко реагувати на запити часу.

Компетентносний підхід в освіті пов'язаний з особистісно-орієнтованим і діяльнісним підходами до освіти, оскільки стосується особистості людини й може бути реалізованим і перевіреном тільки в процесі виконання конкретним студентом певного комплексу дій. Це відображається в положеннях ПДМНВ, де основними критеріями умінь виступають досвід роботи, вправи на тренажерах і тестування. Але такий спосіб визначення рівня професійної компетентності не дає можливості оцінювати творчі здібності здобувача, його здатність до дій в нестандартних ситуаціях і врешті рещт до професійного і кар'єрного зростання, що є на наш погляд суттєвим недоліком існуючої системи атестації.

Інакше кажучи, компетентність – це здатність установити й реалізувати зв'язок між «знанням – умінням» і ситуацією.

Б.Й. Хасан відзначає, що компетенції – це цілі (поставлені перед людиною), а компетентності – це результати.

Компетентний фахівець, компетентна людина – це дуже вигідна перспектива. Запропоновано формулу компетентності, яка логічно може бути виражена в такий спосіб:

Компетентність = *мобільність знань* + *гнучкість методу* + *критичність мислення*.

Які її основні складові?

По-перше, знання, але не проста інформація, а така, що швидко змінюється, представлена в різному вигляді, яку необхідно вміти знайти, відсіяти від непотрібної, перевести в досвід власної діяльності.

По-друге, уміння використовувати ці знання в конкретній ситуації; розуміння, яким способом можна одержати ці знання.

По-третє, адекватне оцінювання себе, світу, свого місця у світі, конкретних знань, необхідності або непотрібності їх для своєї діяльності, а також методу їх отримання або використання.

Безумовно, людина, що втілює в собі такі якості, буде досить компетентним фахівцем. Але механізм досягнення такого результату залишається поки що не розробленим і здається досить складним.

Формування **ключових** компетентностей у навчальному процесі називається компетентнісним підходом. Ключові компетенції включають роботу із математичними і фізичними поняттями та величинами, здатність до комунікації, інформаційні технології, самонавчання, роботу в команді, рішення проблем. Таким чином ключові компетенції відносяться до загального (мета-предметного) змісту освіти.

При підготовці спеціалістів морського транспорту з експлуатації суднових енергетичних установок ключові компетенції повинні забезпечити успішне засвоєння предметних компетенцій, які саме й визначають здатність випускника займати ті чи інші посади відповідно положенням ПДМНВ.

Формування ключових компетенцій в цілому починається з перших днів занять і стосується абсолютно всіх учасників навчально-виховного процесу.

Пізнавальна частина ключових компетенцій фахівців морського транспорту з експлуатації суднових енергетичних установок у Херсонській державній морській академії формується в циклах математичної і природничо-наукової підготовки при вивченні дисциплін технічної механіки, інженерної і комп'ютерної графіки. Основним їх завданням є об'єднання знань з математики та фізики з метою забезпечення можливості якісного вивчення дисциплін професійного циклу. Студенти повинні вміти вільно читати та складати креслення, бачити взаємозв'язки між складовими формул, користуватись математичним апаратом для вирішення конкретних прикладних задач. Завданням викладача є професійно орієнтований підбір прикладів для занять, розробка методики, яка б сприяла індивідуальній творчій діяльності.

Необхідно ще раз наголосити на головній особливості компетентності як педагогічного явища, а саме: компетентність – це не специфічні предметні вміння й навички, навіть не абстрактні розумові дії або логічні операції, а конкретній, життєвій, необхідній людині будь-якої професії, віку, родинного стану.

Таким чином, ключові компетенції конкретизуються на рівні освітніх областей і навчальних предметів для кожного шабля навчання. Перелік ключових компетенцій визначається на основі головних цілей загальної освіти, структурного подання соціального досвіду й досвіду особистості, а також основних видів діяльності учня, що дозволяють йому опанувати соціальним досвідом, одержувати навички життя й практичної діяльності в суспільстві:

Отже можна зробити висновок: Рівень освіченості, особливо в сучасних умовах, не визначається обсягом знань, їхньою енциклопедичністю. З позицій компетентнісного підходу рівень освіченості визначається здатністю вирішувати проблеми різної складності на основі наявних знань. Компетентнісний підхід не заперечує значення знань, але він акцентує увагу на здатності використовувати отримані знання. При такому підході цілі освіти описуються в термінах, що відбивають нові можливості майбутніх фахівців морського транспорту з експлуатації суднових енергетичних установок, зростання їхнього особистісного потенціалу.

ЛІТЕРАТУРА

1. ІМО-модель курсу.
2. Конвенція ПДМНВ 1978, 2014 р.р.
3. Методичні рекомендації з розроблення складових галузевих стандартів вищої освіти (компетентнісний підхід). – К.; Інститут інноваційних технологій і змісту освіти МОН України, 2013.

ЗМІСТ, СТРУКТУРА ТА УМОВИ ФОРМУВАННЯ ДОСЛІДНИЦЬКИХ УМІНЬ У МАЙБУТНІХ СПЕЦІАЛІСТІВ ТРАНСПОРТНОЇ ГАЛУЗІ

Дубовик Л.П., Кострицький В.Г.
Херсонський державний університет (Україна)

Вступ. Ефективне функціонування сучасної транспортної галузі неможливе без її систематичного технічного переозброєння, що неможливо без урахування сучасних досягнень науки і техніки. У зв'язку із тим, що елементи наукового дослідження усе більшою мірою входять в діяльність фахівців, у студентів під час навчання необхідно формувати наукове мислення, здатність до самостійного ухвалення рішень, грамотного аналізу отриманих даних і можливості прогнозування ситуації.

Актуальність дослідження. Перед вищими навчальними закладами постає проблема не лише підвищення рівня теоретичних знань з навчальних дисциплін, але й уміння використовувати їх для розв'язання професійних проблем дослідницьким шляхом. На цьому наголошують О. Андрусь, Б. Гершунський, Д. Чернилевський, Н. Ничкало, П. Олійник та ін.

Постановка задачі. Метою статті є розкриття змісту та структури дослідницьких умінь майбутніх спеціалістів транспортної галузі.

Результати дослідження. У тлумаченні В. Андреева «дослідницьке вміння» – це вміння застосовувати певні прийоми наукового методу пізнання в умовах розв'язання навчальної проблеми під час виконання дослідницького завдання [2].

У зв'язку із цим актуалізується проблема: які саме дослідницькі вміння майбутнього фахівця транспортної галузі мають бути сформовані, який механізм та методика їхнього формування, їхнього розвитку, як такі вміння мають бути органічно введені до структури майбутньої діяльності.

Фахівцю транспортної галузі, на думку Т. Агеевої, необхідно володіти методикою наукового пошуку, уміти ставити завдання дослідження, знати методи і засоби виміру параметрів роботи, мати навички проведення експерименту, обробки, аналізу і узагальнення результатів дослідження, володіти теорією ухвалення рішень [1]. Цю ж думку підтримують О. Белова, В. Данілов, наголошуючи, що реалізація дослідницьких умінь і професійних компетенцій досягається в процесі навчання студентів великої кількості навчальних дисциплін [3].

На думку В. Литовченко дослідницькі вміння є сукупністю систематизованих знань, умінь і навичок особистості, поглядів і переконань, які визначають функціональну готовність студента до творчого пошукового рішення пізнавальних задач. Автор поділяє дослідницькі вміння на групи:

1) операційні дослідницькі вміння, до яких відносять розумові прийоми і операції, що використовуються в дослідницькій діяльності: порівняння, аналіз і синтез, абстрагування і узагальнення, висунення гіпотези, співставлення;

2) організаційні дослідницькі вміння, які включають застосування прийомів організації в науково-дослідній діяльності, планування дослідної роботи, проведення самоаналізу, регуляція власних дій у процесі дослідницької діяльності;

3) практичні дослідницькі вміння, які охоплюють опрацювання літературних джерел, проведення експериментальних досліджень, спостереження фактів, подій та обробка даних спостережень, впровадження результатів у практичну діяльність;

4) комунікативні дослідницькі вміння, що передбачають застосування прийомів співробітництва в процесі дослідницької діяльності, для здійснення взаємодопомоги, взаємоконтролю.

Як вважає О. Rogozina, формування дослідницьких умінь можливо при дотриманні таких педагогічних умов: насичення занять творчими ситуаціями, оптимізація логічних та евристичних методів розв'язання творчих завдань, оптимальне в часі співвідношення

індивідуальної й колективної форм організації навчально-творчої діяльності, етапність науково-дослідницьких завдань з урахуванням можливостей і досвіду пізнавальної діяльності. Відповідно до принципу системності і послідовності в основі такого підходу проводиться поетапне ускладнення змісту дослідницької діяльності та поєднання в ньому диференційованих і індивідуальних завдань, що будуються на принципах альтернативних та варіативних рішень.

На думку В. Кулешової важливу роль у засвоєнні вмінь і навичок відіграють умови навчання, правильна організація процесу вправління: послідовність засвоєння дій, поступовий перехід від простішого до складніших завдань, від повільного до швидкого темпу їх виконання. Необхідною умовою формування дослідницьких умінь А. Єфіменко, В. Макаров, М. Макійов вважають використання наукових досліджень в навчальному процесі.

Зокрема, під час проведення лабораторних робіт з професійно-орієнтованих дисциплін слід залучати студентів до проведення обробки результатів вимірювання з використанням методів математичної статистики. Це дає можливість підвищити точність експериментальної оцінки досліджуємої теорії, так як знаходиться найбільш достовірне значення вимірюваного параметру, а також сформувати у студентів наступні загальнокультурні та професійні компетенції:

– знань про наукові основи математичної статистики, методи збирання, обробки, зберігання та передачі статистичної інформації, основні етапи статистичного дослідження, особливості використання статистичних критеріїв;

– вміння використовувати основні закони наукових дисциплін у професійній діяльності, використовувати методи математичного аналізу та моделювання, теоретичного та експериментального дослідження;

– навички з проведення наукових експериментів;

– уміння з кількісної і якісної обробки результатів вимірювань, виявлення їх закономірностей та тенденцій розвитку;

– вміння використовувати математико-статистичних методів для прогнозування розвитку виробничих процесів та психолого-педагогічних явищ.

Висновки. Дослідницькі вміння взагалі, набуваються шляхом залучення студентів до самостійного проведення експериментів та обробки його результатів та основі використання методів математичної статистики. Внесення елемента дослідження в навчальні заняття сприяє вихованню активності, ініціативності, допитливості, розвиває мислення, заохочує потребу в самостійних наукових пошуках.

ЛІТЕРАТУРА

1. Агеева Т.Ю. Пример использования моделирования при подготовке инженеров в рамках курса «Основы научных исследований» // Инновационные технологии в подготовке специалистов транспортной отрасли. – Режим доступа: http://conference.osu.ru/assets/files/conf_info/conf8/s5.pdf

2. Андреев В.И. Эвристическое программирование учебно-исследовательской деятельности. – М.: Высшая школа, 1981. – 240 с.

3. Белова Е.А., Данилов В.И. Проблемы подготовки специалистов для транспортной отрасли // Электронное научное издание «Ученые заметки ТОГУ» 2013, Том 4, № 4, 2013/ - С. 1480-1484. – Режим доступа: http://pnu.edu.ru/media/ejournal/articles-2014/TGU_4_281.pdf

4. Кулешова В.В. Формування пошуково-дослідницьких умінь майбутніх інженерів-педагогів у процесі професійної підготовки [Текст]: автореф. дис... канд. пед.наук: 13.00.04/ АПН України. – К., – 2007. – 18 с.

ЗАСТОСУВАННЯ ДИСТАНЦІЙНИХ КУРСІВ ЩОДО РЕАЛІЗАЦІЇ МОДЕЛІ ОСОБИСТІСНО-ОРІЄНТОВАНОГО НАВЧАННЯ

Зайцева Т.В.

Херсонська державна морська академія (Україна)

В Законі України «Про вищу освіту» зазначено, що на сьогоднішній день у вищих навчальних закладах поряд з очною, заочною, екстернатною формами навчання використовується і дистанційна форма. У даному документі також наголошується необхідність постійного підвищення загальнопрофесійного рівня освіти фахівця [1, 2]. А для реалізації цього завдання саме дистанційне навчання має потужний потенціал, що підтверджує досвід використання такої форми освіти не тільки за кордоном у розвинутих країнах, а й в деяких вищих навчальних закладах України.

Кожна система навчання будується на певній дидактичній концепції, що і визначає добір змісту, методів, організаційних форм, засобів навчання. Ми маємо справу з новою формою освіти – навчання на відстані з використанням новітніх засобів інформаційних технологій.

В Херсонській державній морській академії (ХДМА) проводиться дослідна експериментальна робота з інтеграції навчального процесу на основі компетентнісного підходу в державну освітню політику України.

Одним із напрямків цієї роботи є створення та впровадження платформи дистанційної освіти для підтримки навчального процесу в ХДМА, особлива увага приділяється етапу перевірки та контролю знань курсантів.

Проблемам та умовам організації та впровадження дистанційної форми навчання були присвячені наукові роботи деяких вітчизняних та закордонних дослідників: Беккера Х., Бикова В.Ю., Кухаренко В.М., Моїсєвої М.В., Морзе Н.В., Олійника В.В., Полат Є.С., Рибалко О.В., Смірної-Трибульської Є.М., Тріуса Ю.В. та ін.

Система дистанційного навчання ХДМА побудована на основі відкритої платформи Moodle. Серверна частина модуля була реалізована як стандартний модуль LMS Moodle. Moodle – це система керування контентом сайту (Content Management System – CMS), спеціально розроблена для створення онлайн курсів. Такі системи часто називають системами керування навчанням (Learning Management System – LMS) або віртуальними освітніми середовищами (Virtual Learning Environments – VLE).

Moodle пропонує широкий спектр можливостей для повноцінної підтримки процесу навчання в дистанційному середовищі – різноманітні способи подання навчального матеріалу, перевірки знань і контролю успішності [4].

Широкі можливості для комунікації – одна з найсильніших сторін Moodle. Система підтримує обмін файлами будь-яких форматів – як між викладачем і студентом, так і між самими студентами. Сервіс розсилки дозволяє оперативно інформувати всіх учасників курсу або окремі групи про поточні події [5].

Важливою особливістю Moodle є те, що система створює і зберігає портфоліо кожного курсанта (студента), куди заносяться дані про виконанні роботи, оцінки і коментарі викладачів, повідомлення у форумі.

Викладач може створювати і використовувати в рамках курсу будь-яку систему оцінювання. Всі позначки з кожного курсу зберігаються у зведеній відомості. Moodle, що дозволяє контролювати «відвідуваність», активність студентів під час навчальної роботи в мережі.

Сайт дистанційного навчання матиме весь набір компонентів для навчально-методичної підтримки вивчення дисциплін. На першому етапі сайт являє собою свого роду електронну бібліотеку, куди увійшли тексти лекцій, методичні рекомендації для лабораторних або (семінарських) робіт, завдання для індивідуальної роботи курсантів.

Всі навчальні підрозділи академії приймають активну участь в даному проекті. Викладачами кафедр були розроблені нові робочі навчальні 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 займає процес формування предметних компетентностей, особливо тих, що можна перенести на вивчення інших предметів для створення цілісного компетентно-орієнтованого інформаційного простору знань курсантів.

На першому етапі головна увага приділялася створенню системи тестових завдань для підтримки як поточного контролю знань, вмінь курсантів, так і проведення підсумкових, особливо міжпредметних, зрізів, які б надавали викладачам інформацію про рівень володіння курсантами як соціально-особистісними (КСО), загальнонауковими (КЗН), інструментальними (КІ) так і професійними компетенціями.

З сайтом дистанційного навчання ХДМА можна ознайомитися за адресою <http://www.dist.kma.ks.ua/>.

Невід'ємною частиною перебудови поглядів на результати вищої освіти є систематичне впровадження в процес навчання тестового контролю, який повинен бути різноманітним по формі проведення, по ступені значущості, мати завдання прикладного практичного характеру та відрізнятися по об'єму міждисциплінарних завдань.

По кожній дисципліні на сайті дистанційного навчання був сформований банк тестових питань, що покривають весь навчальний матеріал дисципліни. З цього банку питань тьютор може формувати кілька тестів для тематичної або модульної перевірки рівня засвоєння навчального матеріалу. Кількість тестових завдань, кількість спроб проходження тесту, час проходження регулюються тьютором. Для кожного курсанта випадковим чином може бути сформовано набір тестових завдань з банку питань та випадкова послідовність варіантів відповідей. Що унеможливить допомогу одних курсантів іншим.

Висновки. Moodle – це інструментальне середовище для розробки як окремих онлайн-курсів, так і освітніх веб-сайтів. В основу проекту покладена теорія соціального конструктивізму та її використання для навчання.

Досвід використання платформ дистанційного навчання в Херсонській державній морській академії як викладачами, так і курсантами підтверджує багатогранність використання даного потужного інструментарію в педагогічній діяльності.

На сьогодні вже існують перші результати впровадження компетентнісного підходу в навчальний процес. 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.

ЛІТЕРАТУРА

1. Закон України “Про вищу освіту”. – К., 2002. – 54с.
2. Концепція розвитку дистанційної освіти в Україні. - Затверджено Постановою МОН України 20 грудня 2000 р.- К.: НТУ “КПІ”, 2000.- 12 с.
3. Смирнова-Трибульська Є.М. Дистанційне навчання з використанням системи MOODLE. Навчально-методичний посібник. Херсон: Видавництво Айлант, - 2007. - 465 с.
4. Zaytseva T. The Usage of Educational Portal for Distance Learning. Proceedings of 8th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications: Integration, Harmonization and Knowledge Transfer: CEUR.- 2012. – P. 236-242
5. Система MOODLE. Режим доступа к сайту: <http://www.moodle.org>.

ФОРМУВАННЯ ПРОФЕСІЙНИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ СУДНОВОГО МЕХАНІКА ПРИ ВИВЧЕННІ БАЗОВИХ ДИСЦИПЛІН ПРОФЕСІЙНОГО ЦИКЛУ ПІДГОТОВКИ

¹Зінченко М.О., ²Зінченко Д.О.

¹*Херсонський державний університет (Україна)*

²*Херсонська державна морська академія (Україна)*

Постановка проблеми. Останнім часом помітною стала тенденція зміщення акцентів до компетентнісного навчання. Компетентнісний підхід до освіти особливо важливий в рамках Болонського процесу. Тому якість підготовки майбутніх морських інженерів на початковому етапі навчання можна поліпшити за рахунок формування стійкого інтересу до гідромеханіки, технічної термодинаміки та теплопередачі, а інструментом для вирішення поставленого завдання, як один з варіантів, є компетентнісний підхід. Практика роботи і констатувальний експеримент показали, що студенти вищих морських навчальних закладів мають низький інтерес до вивчення розділів фізики. Це негативно впливає на якість підготовки фахівців і є однією з основних причин аварійності суден через низьку кваліфікацію судномеханіків та судноводіїв. Відтак, постає проблема підвищення кваліфікації морських інженерів за рахунок формування глибоких знань з вищеперерахованих дисциплін, що є основою якості підготовки фахівців.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Формування стійкого інтересу до гідромеханіки, технічної механіки та термодинаміки дозволяє майбутнім судномеханікам здобувати міцні знання, і, як наслідок, успішно засвоювати спеціальні дисципліни. У цьому аспекті інтерес становлять праці Т.В. Мозолевської, І.С. Палачаніної, С.М. Скворцова, М.І. Сухини, Г.В. Белокур, О.Л. Яковлевої, В.П. Корнеєва, О.М. Леонтьєва та ін.

Підхід до цієї проблеми вказаних авторів є узагальненим або ж однобічним і не дає цілісного уявлення про структуру формування інтересу у студентів вищих навчальних закладів. Приділяється недостатня увага аналізу психолого-педагогічних закономірностей і визначальних факторів формування інтересу майбутнього фахівця до навчальної дисципліни як основного чинника професійної компетентності.

Мета роботи – аналіз загальних теоретико-методологічних засад реалізації компетентнісного підходу в процесі розвитку інтересу майбутніх судномеханіків до гідромеханіки.

Викладення основного матеріалу. Підвищення рівня навчальних досягнень студентів в першу чергу забезпечується на основі формуванні «інтересу» до гідромеханіки. У сучасній психології поняття «інтерес» трактується з різних позицій. Однак спільною є думка дослідників про те, що інтерес є основною умовою, способом існування й розвитку людини, складним комплексом емоційно-вольових та інтелектуальних процесів, які активізують її свідомість і діяльність.

Дослідження концептуальних положень показує, що інтереси можуть відрізнятися: залежно від якісних психологічних характеристик (стійкі, нестійкі, дієві, недієві, безпосередні, опосередковані, глибокі, поверхневі, слабкі, сильні, пасивні, активні); за своїм змістом стосовно до різних галузей пізнання і діяльності (інтерес до літератури, математики, хімії, фізики і т.д.; інтереси наукові, технічні, конструкторські, спортивні, музичні); здатність до засвоєння кількості об'єктів (предметів, явищ, видів діяльності), що вказує на різносторонність розвитку особистості. Зазначені три моменти розглядають як засади формування інтересу майбутніх фахівців, які здобувають знання у морських ВНЗ.

Пізнавальний інтерес характеризується тим, що у студентів виникають не тільки проблемні питання або пізнавальні ситуації, але й прагнення самостійно їх розв'язувати.

Пізнавальний інтерес – це спрямованість особи на предмети і явища, що її оточують. Ця спрямованість характеризується постійним прагненням до пізнання, до нових, повніших і глибших знань. Пізнавальний інтерес при правильній педагогічній організації діяльності студентів і систематичній цілеспрямованій виховній діяльності може і повинен стати стійкою рисою особи і здійснює значний вплив на його розвиток. Пізнавальний інтерес є

ефективним засобом навчання. Одним з видів пізнавального інтересу є професійний інтерес, специфіка якого виявляється в тому, що він спрямований на певну сферу професійної діяльності.

У змісті навчального матеріалу з гідромеханіки є об'єктивні передумови для розвитку пізнавальних інтересів. Необхідно учити майбутніх фахівців бачити і розуміти практичну значущість матеріалу, що вивчається, для майбутньої професійної діяльності, усвідомлювати значущість отримуваних знань в їх взаємозв'язку та взаємообумовленості. З вищесказаного випливає, що інтерес до гідромеханіки у студентів ВНЗ можна формувати, спираючись на інтерес професійний. На основі виявлення загального і різного в пізнавальних і професійних інтересах можна виділити наступні види інтересу до навчальної дисципліни: інтерес до змісту, заснований на необхідності опанування професійних знань; інтерес до застосування отриманих професійних знань на практиці; інтерес, що підтверджує нові знання в результаті практичної діяльності.

Гідромеханіка є органічним елементом і має велику значущість у системі професійної підготовки студентів-механіків, якщо її викладання орієнтоване на досягнення основної мети – підготовку висококваліфікованого фахівця. Посилення професійної спрямованості навчання фізики повинно здійснюватися через відбір змісту навчального матеріалу та створення адекватної методики викладання.

Етапи розвитку інтересу до гідромеханіки як основи майбутньої професійної діяльності: інтерес до професії судномеханіка; інтерес до сфери практичного застосування знань; інтерес до фізики.

Основною метою вищої освіти є підготовка кваліфікованого фахівця відповідного рівня і профілю, конкурентоспроможного на ринку праці, що вільно володіє своєю професією і який орієнтується в суміжних галузях діяльності, готового до постійного професійного зростання. Компетентнісний підхід у підготовці висококваліфікованих морських інженерів припускає не просту трансляцію знань, а набуття та розвиток у студентів ключових, загальногалузевих та предметних компетенцій, які визначають його успішну адаптацію у вибраній галузі.

Отже, здійснити взаємообумовленість професійного інтересу та інтересу до фізики студентів-механіків можливо через компетентнісний підхід з формування інтересу до гідромеханіки.

Для активізації інтересу до гідромеханіки під час проведення практичних занять пропонується розроблення інформаційно-логічних структур, які об'єднують причини, що зумовлюють зміни в навколишньому середовищі та відповідну інформацію. Робота з інформаційно-логічними структурами дозволяє успішно проводити технічну діагностику систем судна, оскільки вони вчать виявляти причину і зміни в навколишньому середовищі. Цей чинник активізує пізнавальну діяльність, що сприяє зростання інтересу.

Сутність методу інформаційно-логічних структур полягає в цілеспрямованому керуванні засвоєнням матеріалу з гідромеханіки у процесі підготовки і становлення судномеханіків.

Висновки. Вирішення проблеми підготовки студентів, здатних швидко адаптуватися до потреб високотехнологічного суспільства, вимагає запровадження прогресивних технологій у навчальному процесі. Сучасним напрямком у підвищенні якості освіти є компетентнісний підхід, який розвиває пізнавальну діяльність, передбачає становлення особистісної позиції студента. Важливою передумовою становлення компетентності фахівця технічного профілю, розвитку його мислення є знання гідромеханіки, технічної механіки та термодинаміки, електротехніки. Фундаментальність вищевказаних дисциплін проявляється в двох аспектах – як основа для формування майбутнього професіонала і як необхідна умова розвитку його світогляду. Формування професійної компетентності в першу чергу забезпечується зміщенням акценту з інформаційної складової навчального процесу на діяльнісну, а також з застосуванням нових підходів до його проектування (мультимедійні засоби навчання; наочні засоби навчання; системи задач професійного спрямування; тестові завдання для контролю й оцінювання результатів навчання; завдання для контролю й оцінювання досвіду творчої діяльності); поставкою діагностованої мети; щохвилиним плануванням діяльність курсантів.

ОРГАНІЗАЦІЯ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ З КОМПЕТЕНТІСНИМ ПІДХОДОМ У ХДМА

Знамеровська Н.П, Васильченко Г.Ю.
Херсонська державна морська академія (Україна)

Причина інтересу до формування компетенцій і надання їм в сучасній освіті центрального місця пов'язана з системними змінами у сфері праці та управління. Розвиток інформаційних технологій призвів до збільшення в десятки разів обсягу споживаної інформації та вимог постійного її оновлення, що призводить до принципових змін у діяльності і в повсякденному житті.

Зазнали серйозних змін і вимоги до працівників. Мало бути фахівцем, треба ще бути хорошим працівником. На місце ефективного працівника, що справляється зі своїми обов'язками виконавця, має прийти працівник ініціативний, який вміє брати на себе відповідальність і приймати рішення в нестандартних ситуаціях, вміє працювати в команді на загальний результат, самостійно поповнювати професійні знання, необхідні для вирішення конкретної виробничої проблеми.

Компетентісно-орієнтована освіта передбачає принципові зміни і в організації навчального процесу, в управлінні ним, в діяльності педагогів, в способах оцінювання освітніх результатів курсантів (студентів).

Принципово повинна змінитися позиція викладача. Він перестає бути разом з підручником носієм «об'єктивного знання», яке він намагається передати курсантам (студентам). Його головним завданням стає мотивувати курсантів на прояв ініціативи і самостійності. Завдання викладача: організувати самостійну діяльність курсантів, в якій кожен з них міг би реалізувати свої здібності та інтереси. Фактично він створює умови розвивального середовища, в якому стає можливим вироблення кожним курсантом(студентом) на рівні розвитку його інтелектуальних та інших здібностей певних фахових компетенцій.

Впровадження моделі освіти, орієнтованої на кінцевий результат, вимагає вдосконалення як методичної роботи, так і підходів до конструювання заняття, його змісту, розробці та впровадженню компетентісно-орієнтованих завдань. Важлива роль відводиться контролю-вимірювальним матеріалам, що передбачає відстеження результатів не тільки знаннєвого рівня, а й компетентісного, так як відповідно до змінених вимог до проміжної атестації контрольна робота більше не може бути формою проміжної атестації дисциплін, тому компетентісно-орієнтовані завдання повинні мати практичну спрямованість, соціальну та особисту значимість, відповідати рівню освіти. Ефективним є рішення компетентісно-орієнтованих або ситуаційних завдань. Вони дозволяють представити як отримані знання та вміння можна застосувати в практичній діяльності на судні, у новій ситуації.

У період переходу на нові ціннісні педагогічні орієнтири заняття залишається ключовою формою організації освітнього процесу. На відміну від традиційного заняття сучасне заняття – це, перш за все, компетентісно-орієнтоване.

Формуванню компетенцій на заняттях сприяє застосування сучасних педагогічних технологій. Технологій, що забезпечують формування компетенцій на заняттях досить багато: технологія критичного мислення, дискусійна технологія, кейс-технологія (ситуаційні завдання та їх рішення).

Цей метод являє собою опис конкретної ситуації на судні, що вимагає практичного розв'язання. Практичні роботи пошукового та дослідницького характеру, що мають професійний контекст, завдання з обмеженням у часі, в тому числі міні-проекти, реалізовані прямо на заняттях, колективна та індивідуальна мисленева діяльність, інформаційно-комп'ютерні технології та ін.

У новій концепції розвитку освіти акценти переносяться з вузькопрофесійного

підходу до підготовки фахівців на багатосторонній розвиток особистості, освоєння та реалізацію курсантами ключових компетенцій в контексті нового підходу. Звідси ще більше зростає роль навчальної практики (виробничого навчання). Вона повинна бути максимально наближена до умов майбутньої професійної діяльності. Успішність професійної діяльності випускників освітнього закладу обумовлена переходом від процесу отримання загальнотеоретичної фахової освіти до формування комплексу професійних навичок, затребуваних у майбутній трудовій діяльності .

Зрозуміло, що програми навчально-виробничих практик повинні орієнтуватися на безперервне підвищення таких характеристик, як кваліфікація і рівень підготовки, що є складовими частинами фахової компетентності, яка забезпечується надбанням професійного досвіду роботи в процесі поетапного проходження усіх видів навчальних практик.

Головна вимога роботодавців, що пред'являється до випускників – це наявність досвіду роботи. Під час виробничого навчання в Херсонській державній морській академії (ХДМА) курсанти повинні мати можливість отримати цей досвід і, тим самим, сформуванню своєї фахової компетентності. Щоб курсанти ясно уявляли собі суть і значимість обраної професії, потрібно щоб отримані теоретичні знання для формування фахової компетентності підкріплювалися практичними навичками. ХДМА забезпечує безпосередній зв'язок через низку морських компаній з роботодавцями для придбання курсантами реального досвіду роботи за фахом. Тому організація виробничого навчання, максимально наближеного до умов праці на морі є першочерговим завданням.

Однією з гострих проблем компетентнісної освіти є проблема підручника, жоден підручник не орієнтований спеціально на реалізацію компетентнісно-орієнтованого підходу. Тому побудова заняття за підручником, на основі текстів, запитань і завдань, що містяться в ньому, в умовах компетентнісного підходу виявляється абсолютно непридатною. При підготовці до заняття потрібно по іншому підійти до відбору змісту, запитань і завдань. Підручник може використовуватися як один з допоміжних навчальних або довідкових посібників. Більш відповідає компетентнісному підходу використання одночасно декількох підручників різних авторів. Це дозволяє курсантам зіставляти і аналізувати різні авторські підходи до викладу однієї і тієї ж теми.

В умовах реалізації компетентнісного підходу у ХДМА позааудиторна діяльність курсантів несе не менше освітнє навантаження. Вона повинна бути організована як групова діяльність, у процесі якої формується і осмислюється особистий досвід.

Таким чином, компетентнісно-орієнтований підхід має допомогти курсантам в оволодінні технологіями життєдіяльності на судні, створити умови для формування здібностей самооцінки та самоконтролю, розкрити потенціал самореалізації, самоактуалізації та саморегуляції. Наша задача, створити умови для успішної самореалізації випускників адже в найближчому майбутньому їм належить самостійно реалізувати себе. Тому головне завдання кожного викладача – організувати процес навчання так, щоб курсанти відчували значимість кожного курсу для формування ключових професійних компетентностей.

ЛІТЕРАТУРА

1. Зимняя И.А. Компетентностный подход: каково его место в системе современных подходов к проблеме образования? (теоретико-методологический аспект) // Высшее образование сегодня. – 2006. – №8. – С. 20-26.
2. Иванов Д.А., Митрофанов К.Г., Соколова О.В. Компетентностный подход в образовании. Проблемы, понятия, инструментарий : учебно-методическое пособие. – М.: АПК и ПРО, 2003. – 101с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТЕНДА «MODBUS СЕТЬ» В КОМПЕТЕНТНОСНОМ ПОДХОДЕ К ИЗУЧЕНИЮ СУДОВЫХ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ.

Кирюхин А.В., Тищенко А.Ю.

Херсонская государственная морская академия (Украина)

Вступление и актуальность темы.

Внедрение компетентностного подхода при подготовке курсантов электромехаников в соответствии IMO MODEL COURSE №7.08 [1], требует приобретения курсантами практических навыков анализа работы судовых сетей в ходе их эксплуатации. Данная задача не может быть решена ни на лабораторном оборудовании, предназначенном для изучения микропроцессоров (сеть отсутствует как таковая) ни на комплексных тренажерах (сеть реализована виртуально). Таким образом, актуально создание специального лабораторного стенда для изучения судовых микропроцессорных систем.

Постановка задачи при создании стенда «MODBUS сеть».

При комплектации стенда «MODBUS сеть» предназначенного для подготовки курсантов в соответствии с пунктами 1.5.1 и 1.5.2 вышеупомянутого курса ставились следующие задачи:

- стенд должен объединять несколько микропроцессорных устройств в сеть на основе одного из используемых в судовой аппаратуре интерфейсов и протоколов (выбраны интерфейс RS-485 и протокол MODBUS [2]);
- микропроцессорные устройства должны работать параллельно, под управлением посредством сети от центрального компьютера или сенсорной панели (выполняющей роль как центрального компьютера локальной системы управления, так и человеко-машинного интерфейса);
- к стенду могут подключаться один или несколько инструментальных компьютеров позволяющих курсантам проследить за обменом сообщениями в сети без нарушения её работы;
- микропроцессорные устройства должны допускать отключение от сети и соединение с инструментальным компьютером для автономного тестирования.

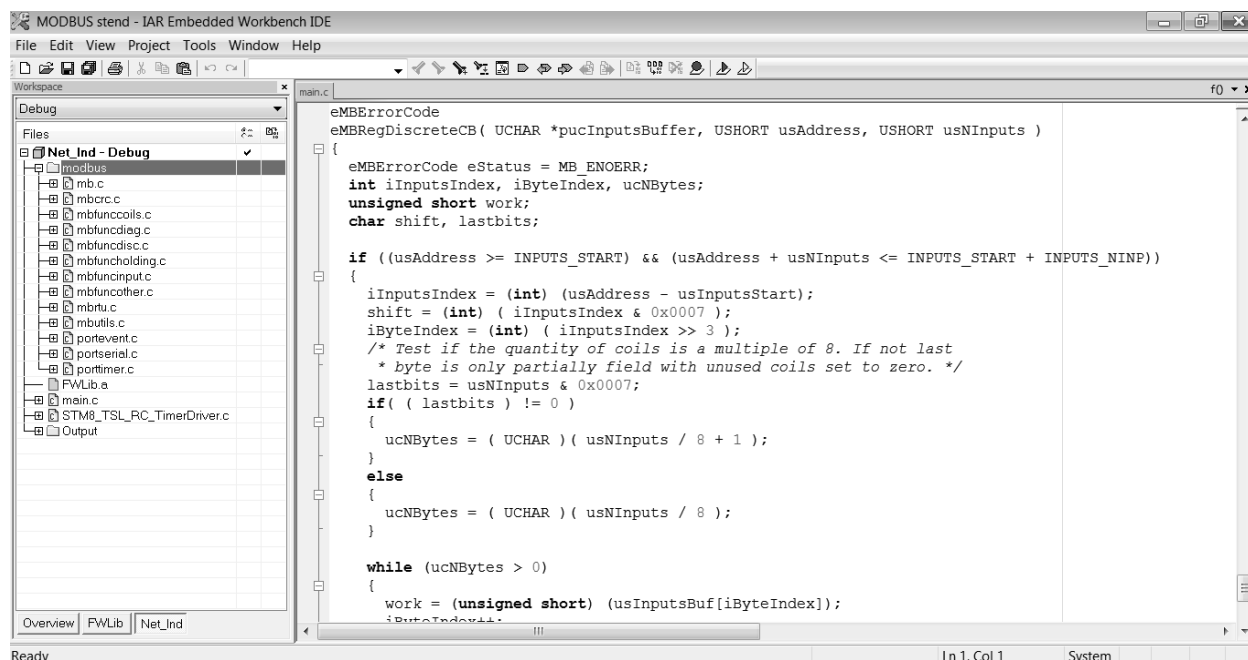
Результаты работы.

Поставленная задача была решена путем аппаратной и программной модификации оборудования для лабораторного практикума по микропроцессорной технике, о котором докладывалось на этой конференции в 2013 году [3].

Для обеспечения физического подключения к интерфейсу RS-485 на монтажном поле демонстрационных плат STM8S-DISCOVERY преобразователь уровней сигнала ST485BDR и клемник DG330-5.0-02P-12-00AH для подключения витой пары. Со стороны микроконтроллера обмен по интерфейсу RS-485 обеспечивает асинхронный последовательный порт uart2 (выводы PD5 и PD6) и дискретный выход PD7, задающий режим прием/передача. Программное обеспечение обмена (реализация протокола MODBUS-ведомый) выполнено на основе свободно распространяемого пакета FreeModbus. Настройка этого пакета для работы с микроконтроллерами STM8 описана в [4]. По отношению к описанному в указанной работе проведены следующие изменения:

- изменены вектора прерываний ввиду использования другого семейства микроконтроллеров;
- введено управление режимом прием/передача (отличие между дуплексным интерфейсом RS-232 и полудуплексным RS-485);
- разработаны процедуры управления дискретными выходами (катушками в терминологии протокола MODBUS) и дискретными входами, которые отсутствуют в работе [4].

На рис.1 представлений принт-скрин екрана інтегральної системи розробки програмного забезпечення мікроконтролерів STM8 при вирішенні даної задачі. В правій частині (в вікні Workspace) видно перелік всіх використаних підпрограм з пакета FreeModbus, а в правій (в вікні редагування) текст знову написаного процедури читання дискретних входів.



```
eMRegDiscreteCB( UCHAR *pucInputsBuffer, USHORT usAddress, USHORT usNInputs )
{
    eMErrorCode eStatus = MB_ENOERR;
    int iInputsIndex, iByteIndex, ucNBytes;
    unsigned short work;
    char shift, lastbits;

    if ( (usAddress >= INPUTS_START) && (usAddress + usNInputs <= INPUTS_START + INPUTS_NINP) )
    {
        iInputsIndex = (int) (usAddress - usInputsStart);
        shift = (int) ( iInputsIndex & 0x0007 );
        iByteIndex = (int) ( iInputsIndex >> 3 );
        /* Test if the quantity of coils is a multiple of 8. If not last
         * byte is only partially filled with unused coils set to zero. */
        lastbits = usNInputs & 0x0007;
        if ( ( lastbits ) != 0 )
        {
            ucNBytes = ( UCHAR ) ( usNInputs / 8 + 1 );
        }
        else
        {
            ucNBytes = ( UCHAR ) ( usNInputs / 8 );
        }

        while (ucNBytes > 0)
        {
            work = (unsigned short) (usInputsBuf[iByteIndex]);
            iByteIndex++;
            ucNBytes--;
        }
    }
}
```

Рисунок 1. Программное обеспечение MODBUS протокола.

Для демонстрации работы локальных судовых микропроцессорных систем пять микроконтроллерных устройств и сенсорная панель МТ4434ТЕ фирмы Kinco [5] объединены в MODBUS сеть. Для анализа работы стенда он укомплектован адаптерами USB-TO-RS485, которые позволяют подключить в качестве инструментальных компьютеров нетбуки курсантов. Последние могут работать под управлением свободно распространяемых программ анализа MODBUS: COMPump, CAS Modbus Scanner и др.

Вывод. Стенд «MODBUS сеть» позволяет курсантам-электромеханикам приобрести навыки протоколирования информационного обмена по RS-485 с диагностики отдельных устройств и их автономного тестирования с помощью нетбука.

ЛИТЕРАТУРА

1. Модельный курс №: 7.08 Офицер-электротехник. Разработан ИМО под руководством Факультета морской электромеханики Морского университета Гдыни, Польша, 2013.
2. Парк Джм Маккей С, Райт Э. Передача данных в системах контроля и управления: практическое руководство / Дж. Парк, С. Маккей, Э. Райт ; [перевод с англ. В.В. Савельева]. - М.: ООО «Группа ИДТ», 2007. - 480 с: ил., табл.
3. Тищенко А.Ю. Новый метод организации лабораторного практикума по микропроцессорным судовым системам // Науковий вісник ХДМА, №1 (10), 2014.0
4. Портруем FreeModbus rtu на примере STM8L интернет ресурс: <http://we.easyelectronics.ru/Yanichar/portiruem-freemodbus-rtu-na-primere-stm8l.html>.
5. Kinco HMIware User Manual руководство по применению сенсорных панелей фирмы «Kinco».

УНИКАЛЬНАЯ ПСИХОТЕХНОЛОГИЯ СОВЛАДАНИЯ СО СТРЕССОМ ПЛАВСОСТАВА МОРСКИХ СУДОВ

¹Колебанов А.К., ²Чаусовский Г.А.

¹*Херсонская государственная морская академия (Украина)*

²*Запорожский национальный университет (Украина)*

Известно, что плавсостав морских судов в процессе выполнения своих профессиональных обязанностей подвергается влиянию различных стрессогенных факторов. Это обуславливает необходимость разработки для плавсостава средств индивидуальной психогигиены, которые бы реализовывали возможность общедоступными немедикаментозными приемами своевременно осуществлять профилактику развития постстрессовых расстройств, минимизировать негативное влияние стресса на работоспособность моряка, гармонизировать его душевное и физическое состояние и таким образом уменьшить влияние человеческого фактора на аварийность участников движения водного транспорта. По статистике около 80% аварий на водном транспорте происходит по вине человека [1].

В рамках проблемы, рассматриваемой в более ранних работах [2, 3, 4], разработана принципиально новая психотехнология. Конструктивное оформление психотехнологии предусматривает использование компактной цифровой фоторамки, в которую загружены фотографии, относящиеся к категории трогательных сюжетов из обыденной жизни моряка на берегу: «забота и любовь к близким людям», «мама – грудной ребенок, дети» и т.п. По периметру рамки зафиксированы зеленые светодиодные излучатели, включение которых осуществляется с помощью закрепленного на поясе сенсора ритма диафрагмального дыхания. На поясе также закреплено миниатюрное устройство звукового воспроизведения релаксационной музыки, громкость звучания которой синхронизирована с ритмом дыхания с помощью сенсора дыхания.

Процесс просмотра фотографий связан с дыханием, (каждый новый фотографический сюжет появляется только после очередного вдоха). Это способствует формированию антистрессовых физиологических откликов за счет характерной для этого типа дыхания стимуляции блуждающего нерва, снижения симпатической активации, инициирования мышечной и психической релаксации.

Синхронизированный с дыханием просмотр фотографий с сюжетами «заботы и любви» (трогательных сцен материнской заботы и ласки) сопровождается снижением уровня активности в миндалевидном теле – области мозга, чрезмерная активность которой способствует активации реакции на стресс.

Зеленое свечение светодиодов способствуют формированию состояния эмоциональной стабильности. При этом синхронизированное с ритмом дыхания изменение громкости звучания релаксационной музыки способствует отвлечению от стрессогенного стиля мышления за счет активации внимания на мелодичных акустических стимулах. Одновременно активируются антистрессовые нейрофизиологические реакции, возникающие при прослушивании гармоничной музыки.

Разработанная психотехнология обеспечивает возможность ускоренного освоения приемов диафрагмально-релаксационного типа дыхания путем отражения его ритма в «физиологическом зеркале» акустических и визуальных стимулов. При этом типе дыхания срабатывает рефлекс Геринга-Брейера, способствующий мышечной и психической релаксации.

Таким образом, разработанная психотехнология позволяет общедоступными приемами освоить комплекс психофизиологических приемов, инициирующих формирование физиологических откликов в виде снижения симпатической активации звена вегетативной регуляции, гармонизации душевного состояния моряка, эффективной профилактики развития постстрессовых расстройств, что уменьшит влияние человеческого фактора на безопасность плавания. Предложенная разработка, конструктивно оформленная в виде портативного инструментального средства индивидуальной психогигиены, будет полезной и для ускорения процесса адаптации моряков дальнего плавания к береговым условиям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Безлуцькая О.П. Людський фактор у системі безпеки судноплавства / О.П. Безлуцькая //Матеріали 8-ої Міжнародної науково-практичної конференції [Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті], (Херсон, 2016р.) / Херсонська державна морська академія, 2016. – С. 81– 83.
2. Колебанов А.К. Электронное средство индивидуальной психогигиены для моряков / А.К. Колебанов, Г.А. Чаусовский//Матеріали 8-ої Міжнародної науково-практичної конференції [Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті], (Херсон, 2016р.)/ Херсонська державна морська академія, 2016. – С.88.
3. Колебанов А.К. Использование обонятельного сигнального стимула для диагностики судового оборудования Матеріали / 5-тої Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування». – Херсонська державна морська академія, 2014. – С.196
4. Чаусовский Г.А. / Прибор для самостоятельного формирования стрессустойчивости у плавсостава / Г.А.Чаусовский, А.К. Колебанов // [Электронный ресурс] Медицинский сайт, 2012. – Режим доступа: <http://www.medikalsite.ru/articles.php?cat=1>.

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ КУРСАНТОВ МОРСКОЙ АКАДЕМИИ НА БАЗЕ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ

Кравцова Л.В., Каминская Н.Г.

Херсонская государственная морская академия (Украина)

Актуальность темы. Система дистанционного обучения сегодня является неотъемлемой составляющей учебного процесса практически каждого учебного заведения. Внедрение сетевых технологий обучения существенно влияет на качество образования, позволяет повысить результативность управления самостоятельной работой студентов как очной, так и заочной форм обучения, оптимизировать процесс прохождения всех этапов познавательной деятельности. Особенно актуален вопрос внедрения системы дистанционного обучения в специализированных учебных заведениях, таких как Херсонская государственная морская академия. Согласно учебному плану, курсанты ежегодно проходят плавательную практику, которая длится, как правило, от четырех до шести месяцев. А значит, курсант на этот период оторван от непосредственно аудиторного учебного процесса. Активное использование системы дистанционного обучения позволяет находящемуся на практике курсанту не прерывать теоретико-практическую составляющую обучения, получать необходимые консультации от преподавателей, на форуме получать поддержку и профессиональные советы.

Цель исследования. Целью данного исследования является оценка состояния системы дистанционного обучения в ХГМА на данный момент и перспектив на ближайший период. Эта работа непосредственно связана с глобальным проектом академии «Теоретико-методические основы реализации компетентностного подхода в системе подготовки специалистов морской отрасли», в котором участвуют практически все преподаватели и сотрудники. Сайт дистанционного обучения академии, безусловно, играет определенную роль в этом процессе. В данном исследовании мы подведем итоги работы команды исполнителей СДО MOODLE за истекший период и сформулируем научно-практические задачи на перспективу.

Основная часть. Сайт дистанционного обучения академии является новым проектом, который начал свое существование год назад и основан на базе широко известной платформы MOODLE. Основными проблемами, которые возникли у команды исполнителей проекта, были проблема структурирования сайта, проблема контента и проблема кодирования и регистрации пользователей сайта. Однако в ходе кропотливой работы команды все эти проблемы были последовательно разрешены, и система дистанционного обучения успешно была апробирована в период летней экзаменационной сессии. Практически все курсанты факультета судовождения прошли компьютерное тестирование по дисциплинам и комплексам дисциплин. Разумеется, сайт предоставляет возможность не только проверять свои знания, но и подготовиться к этой проверке, используя выложенные на сайте материалы. Оптимальным является такой подход к формированию методических материалов дисциплины, при котором преподавателем разрабатывается индивидуальная траектория обучения курсанта в зависимости от его уровня подготовки. Проведенное тестирование показало, что курсанты, использующие при подготовке сайт дистанционного обучения, смогли в удобное для них время ознакомиться с ключевыми вопросами тестовых заданий и, соответственно, лучше подготовиться к тестированию. Кроме того, курсанты могут получить доступ к тестированию и пройти его со своего компьютера, т.е. присутствие в аудитории для этого не является обязательным.

Процесс и результаты тестирования преподаватель видит на своем компьютере онлайн.

Теория и практика управления судном

На головну Кафедра управління судном Теорія та практика управління судном

Перелік тестів до ректорської контрольної роботи з дисципліни «теорія та практика управління судном» Варіант 1

ПЕРЕХІД ПО ТЕСТУ

Шляховець
Антон Сергійович

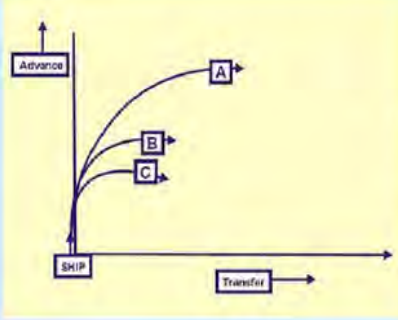
1 2 3 4 5 6
7 8 9 10 11 12
13 14 15 16 17 18
19 20 21 22 23 24
25
ENG
26 27 28 29 30 31
32 33 34 35

Закінчити спробу...
Залишилося часу 0:34:45

Питання 34
Відповіді ще не було
Макс. оцінка до 1,00
Відмітити питання

Далі

In the diagram, B represents the start of a turning circle of a power driven ship in deep water with 20 degrees starboard rudder. If the ship was in shallow water, the turning circle with the same rudder angle would be...



Виберіть одну відповідь:

- a. A
- b. B
- c. C
- d. none of the other options.

Рисунок 1. Тестирование по дисциплине «Теория и практика управления судном», СДО ХГМА

Перспективным направлением работы сайта дистанционного обучения ХГМА команда разработчиков считает внедрение интерактивных элементов курсов, таких как Форум, Чат, Опрос, Семинар и т.д., которые акцентируют внимание обучаемых на отдельных фрагментах курса, контролируют уровень усвоения материала, позволяют тьюторам и обучаемым быть постоянно на связи. Основную трудность использования перечисленных ресурсов разработчики видят в том, что далеко не все преподаватели готовы использовать в учебном процессе новые информационные технологии. Однако современный преподаватель не может в своей работе руководствоваться только личным опытом и знаниями, тем более что современный студент чаще всего является весьма «продвинутым» в вопросах использования возможностей гаджетов. Поэтому команда разработчиков надеется, что структурированный сайт в совокупности с проведенными семинарами помогут преподавателям преодолеть этот барьер и успешно использовать интерактивные элементы в своих дистанционных курсах.

Выводы. Внедрение информационно-коммуникационных технологий в учебный и научно-исследовательский процесс является обязательным условием реализации концепции модернизации высшего образования в Украине. Овладение будущими специалистами морской отрасли необходимыми компетенциями напрямую зависит от того, какие методы и технологии обучения используются в учебном заведении. В Херсонской государственной морской академии есть все условия для внедрения технологий дистанционного обучения, являющегося неотъемлемой составляющей всего учебного процесса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Информационный портал MOOLLE. <http://moodle.org/>.
2. Документация MOOLLE. <http://docs.moodle.org>.
3. Наказ Президента України «Про заходи щодо пріоритетного розвитку освіти в Україні» від 30 вересня 2010 р. № 926.

РОЛЬОВА ГРА ПРИ ВИВЧЕННІ КОМЕРЦІЙНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СУДЕН ЯК ЕЛЕМЕНТ КОМПЕТЕНТІСТНОГО ПІДХОДУ

Лошкарьов О.Г.

Херсонська державна морська академія (Україна)

Вивчення комерційної експлуатації суден ускладнюється великим насиченням матеріалу малознайомими середньому курсанту термінами та документами. При знаходженні у практичному плаванні суднові офіцери також не надають кадетам чи матросам якоїсь інформації стосовно умов договору перевезення, оформлення вантажної документації, тощо. Зазвичай уся комерційна документація на судні вважається виключно конфіденційною і до неї не мають доступу навіть молодші офіцери.

Такі обставини вимагають шукати нові форми викладання, які забезпечують краще засвоєння матеріалу курсантами.

На кафедрі економіки і морського права була розроблена рольова гра «Прийом та здача вантажу». Ці елементи рейсу судна є найбільш важливими та складними у виконанні договору перевезення. В зв'язку з використанням на судах та у портах переважно англійської мови гра відповідно проводилась англійською мовою. Також було визнано доцільним окрім чисто комерційного забезпечення прийому та здачі вантажу, забезпечувати також виконання деяких вимог МКУБ, а само чек-листів на обробку вантажу.

Оскільки вивчення рейсового завдання ускладнюється великим обсягом матеріалу, який курсанти не в змозі засвоїти за короткий термін, то гра поділена на частини (етапи), які представлені в табл. 1.

Таблиця 1. Етапи гри та використана документація.

№ п/п	Початок та кінець етапу гри.	Використана документація
1	Від отримання рейсового завдання до приходу в порт завантаження.	Voyage instructions, Cargo plan, Check list 01, Notices of arrival.
2	Від приходу в порт до початку завантаження.	Voyage instructions, Cargo plan, Check list 01, Notice of readiness, Cargo declaration, Shipping order, Tally sheets, Statement of facts.
3	Від початку до закінчення завантаження.	Voyage instructions, Cargo plan, Check lists 02 & 03, Tally sheets, Mate's receipt, Bills of lading, Cargo manifest, Statement of facts.
4	Від відходу із порту навантаження до приходу до порту вивантаження.	Voyage instructions, Check list 04, Notices of arrival.
5	Від приходу в порт до початку вивантаження.	Voyage instructions, Cargo plan, Check list 04, Notice of readiness, Tally sheets, Statement of facts.
6	Від початку до закінчення вивантаження.	Voyage instructions, Cargo plan, Check lists 05 & 06, Tally sheets, Bills of lading, Statement of facts.

Було визнано доцільним зв'язати ці етапи гри с судновим комплектом чек-листів. Це надало можливість курсантам засвоювати умови рейсового завдання поступово. На кожному етапі гри першим документом, який демонструвався на екрані, був повний текст рейсового завдання, але та частина завдання, що стосується цього конкретного етапу, була

виділена червоним кольором, і курсанти уважно вивчали тільки цю частину рейсового завдання. Це сприяло засвоєнню курсантами матеріалу окремими частками, щільно зв'язаними з діями екіпажу, пов'язаними з виконанням саме цих умов рейсового завдання.

Для гри був вибраний рейс конвенційного судна по перевезенню мінеральних добрив у мішках. Це надало можливість проводити тальманський рахунок вантажів.

У грі курсанти виконували ролі капітана, старшого помічника, палубного офіцера, суднового тальмана. Роль агента та експедитора виконував викладач. На кожному етапі склад суднової команди змінювався, що дало можливість взяти участь у грі практично кожному курсанту.

Вся документація, що отримувалась або виготовлялась на судні, демонструвалась на екрані. Викладач коментував ці документи, та ставив запитання по їх змісту окремим курсантам, що посилювало засвоєння матеріалу.

За браком часу розрахунок таких елементів рейсу, як час приходу до порту, кількість вантажу, його розподіл у вантажних приміщеннях, тощо не показувався, але самі ці розрахунки були зроблені заздалегідь. Також при демонстрації виконання вантажних робіт тальманські листи реально тільки починались, але на екрані демонструвались закінчені документи.

Висновки: впровадження рольової гри при викладанні деяких розділів комерційної експлуатації суден сприяє кращому засвоєнню матеріалу, та формуванню компетенцій, передбачених Кодексом з підготовки і дипломування моряків та несення вахти 1978 і 2010 років з виправленнями (Глава II, розділи А-II/1) та IMO MODEL COURSE 7.01 MASTER AND CHIEF MATES.

ЛІТЕРАТУРА

1. Tallack R.B. Commercial Management for Shipmasters. A practical Guide. – London: Nautical Institute, 1996. – 287 p.
2. Николаева Л.Л. Коммерческая эксплуатация судна. Учебник. Одесса, «Фенікс», 2006. – 746 с.
3. Maclachan M..The shipmaster's business companion. London,Nautical Institute. 2004, 810 p.
4. Dykstra L. Commercial Management in Shipping. London: Nautical Institute, 2005, 496 p.
5. Hopkins M. Business and law for the shipmasters. A practical Guide. Glasgow: Nautical Institute, 1993. – 634 p.

НОВА НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА ДЛЯ УЧНІВ МОЛОДШИХ КЛАСІВ І ПРО ЇЇ МОЖЛИВІ НАСЛІДКИ У ПІДГОТОВЦІ МОРЯКІВ

Настасенко В.О.

Херсонська державна морська академія (Україна)

Міністерство освіти і науки України (МОНУ) з 2016 навчального року впроваджує в школах «анти-стресову» програму навчання для учнів 1-4-х класів, в якій вилучаються всі подразники психіки учня, включаючи: зменшення вимог вчителя, які не ставитимуть оцінки червоним кольором. Виконувати всі учбові роботи можна олівцями, щоб у будь-який момент стерти помилку, читання на швидкість – відмінняють, таблицю множення – вчитимуть до 5 – лише з третього класу, а до 10 – з четвертого, і так далі і тому подібне.

Однак є підстави вважати, що при позитивності зменшення стресів для учнів, у результаті – виховуватимуться інфантильні школярі, які не будуть загартовані стресами. Існує думка, що таке населення дуже зручне для керування – якщо люди, що бояться стресів, надумують протестувати, вийшовши на вулиці, то єдиний постріл – і всі вони розбіжаться по домівкам.

Але учні, що бояться стресів (і пострілів), прийдуть в армію і в поліцію. У нас можуть бути самі гірші в світі боязливі моряки і льотчики, а шахтарів, пожежників і рятувальників - може не бути взагалі. Разом з тим, стреси в житті дітей (вуличні, домашні та шкільні) – все одно будуть. При цьому дозволяється право на «олівцеву» помилку, тому ослаблюється контроль над її недопущенням. Таку помилку легко виправити (як отримання нових життів в комп'ютерних іграх, де вмирають легко і з багатократним відродженням, тому вмерти – начебто не страшно, оскільки можна почати все знову). Але в житті – так не буває. І серед школярів різко зростає відсоток суїцидників. У дорослому житті (сімейному, в побуті і на роботі – стресів буде ще більше, і суїцидників стане ще більше).

Вихід із стресу – не тільки ховання в будиночок-равлика (від цього збільшиться кількість клієнтів в психіатричних лікарнях), але він також можливий через індивідуальну агресію (збільшиться кількість вбивць з кухонними ножами, а в країні, яка наповнена зброєю з зони АТО, - з'являться автоматники і гранатометники).

А якими будуть виходи із стресів у водіїв на наших дорогах?

Напрошується висновок, що існуючий темп вимирання жителів України з 50 млн. до 42 млн., або 8 млн. за 25 років – не влаштовує стратегів доктрини «Золотого мільярда», згідно якої в нашій країні повинно залишитися 10...12 мільйонів слухняних туго думаючих рабів, а для вимирання рештки $42 - 12 = 30$ млн. чоловік з темпом 8 млн. за 25 років – знадобиться більше 100 років – тому чекати бажаного результату у 12 млн. - прийдеться дуже довго. Суїцидники прискорять цей процес в 2-3 рази, тоді для виправлення загрозливої ситуації зі зменшенням населення країни – ще на половині цього строку в неї можна буде ввести «місіонерів» з ближніх густонаселених країн, які поступово замінять корінних жителів. Неприємним чинником є те, що значна частина батьків підтримує таку освітню програму, оскільки їм можна буде ще менше уваги приділяти своїм дітям і простіше буде займатися тільки своїми потребами, в т.ч. – пияцтвом. Якщо не можна відмінити таку освітню програму, то треба хоча б ввести програму елітної освіти і вона має бути державною (є надія, що з'являться приватні школи з елітною освітою, проте в країні, де 9 млн. сімей не можуть сплатити комунальні послуги без субсидій, воно буде малодоступним, що приведе до подальшого розширення суспільства).

ПРО АНАЛОГІЮ МІЖ ЗАДАЧАМИ ПОЛІФОКУСНОЇ АПРОКСИМАЦІЇ ТА ЗАДАЧАМИ ПОБУДОВИ НАБЛИЖЕНИХ КОНФОРМНИХ ВІДОБРАЖЕНЬ

Осадчук В.В., Білоусова Т.П., Тулученко Г.Я.
Херсонський національний технічний університет (Україна)

Використання поліфокусної апроксимації є доцільним при розв'язанні багатьох інженерних задач, зокрема, у задачах розпізнавання образів, при моделюванні руху сипучих речовин у барабані тощо. Алгоритмічна реалізація методу поліфокусної апроксимації до цього часу має низку нерозв'язаних задач [1]. Головною із них є задача встановлення початкового наближення координат фокусів багатофокусної лемніскати:

$$\prod_{j=1}^m r_j = R^m, \quad (1)$$

де $r_j = \sqrt{(x-a_j)^2 + (y-b_j)^2 + (z-c_j)^2}$ – відстань від довільної точки лемніскати з координатами $(x; y; z)$ до j -ого фокуса з координатами $(a_j; b_j; c_j)$.

Показано, що задача встановлення рівняння багатофокусної лемніскати, яка на комплексній площині наближає замкнений контур, є еквівалентною задачі побудови степеневому поліному, що описує наближене конформне відображення замкненого однозв'язного контуру на коло.

Для знаходження коефіцієнтів апроксимуючої лемніскати автором робіт [1-2] запропоновано кілька методів, що використовують R та L критерії близькості заданої кривої та лемніскати в екстремальній та усередненій формах. Недоліки цих алгоритмів спонукали розвиток ще одного методу – методу фазового кола, в якому розв'язується задача мінімізації функціонала виду:

$$\sum_{i=1}^n (F(z_i) - R^m w_i)^2 \rightarrow \min, \quad (2)$$

де $F(z) = \sum_{j=0}^m c_j z^j$ – поліном, який має коренями m фокусів апроксимуючої лемніскати; n – кількість точок у дискретному поданні кривих; w_i – образи точок заданої кривої на фазовому колі.

Після нормування критерію (2) можна показати, що поліном, який надає мінімум функціоналам, що відомі з теорії наближених конформних відображень [1, С. 295-296], також надає мінімум функціоналу (2).

ЛІТЕРАТУРА

1. Ракчеева Т.А. Алгоритм фокусного приближения кривых / Т.А. Ракчеева // Человечно-машинные системы и анализ данных: Сб. науч. тр. – М.: Наука, 1992. – С.111-129.
2. Ракчаева Т.А. Многофокусные лемнискаты: приближение кривых / Т.А. Ракчеева // Журнал вычислительной математики и математической физики. – 2010. – Т.50. – №11. – С. 2060—2072.
3. Фильчаков П.Ф. Приближенные методы конформных отображений / П.Ф. Фильчаков. – К.: Наукова думка, 1964. – 532 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ В СИСТЕМАХ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ

Соколов А.Е., Закуракин Д.В.

Херсонский национальный технический университет (Украина)

В практике эксплуатации СЭУ большое значение имеет оценка технического состояния топливной аппаратуры, так как именно на топливную аппаратуру приходится значительная доля отказов дизеля.

В реальной практике обнаружение большинства неисправностей затруднено в связи с постепенным их возникновением, а также вследствие того, что их влияние на выходные показатели дизеля аналогично влиянию отказов в системах воздухообеспечения и газораспределения, что является причиной дополнительных работ по разборке, проверке и осмотру узлов и деталей двигателя. Поэтому моделирование ситуаций возникновения неисправностей топливной аппаратуры, имитирующее методы и средства безразборного диагностирования топливной аппаратуры на работающем дизеле, для их отработки с помощью тренажерных обучающих систем является актуальной задачей.

Выполнен анализ методов и подходов к моделированию. Так как методом оценки технического состояния дизеля и его топливоподающей аппаратуры является диагностирование по основным показателям работы: мощности, среднему эффективному давлению, крутящему моменту, расходу топлива, КПД, которые находятся в тесной корреляционной связи с неисправностями, нарушениями регулировок топливной аппаратуры и сопровождающими их процессами, то отклонение показателей от их исходных значений обуславливает необходимость имитации проверки системы топливоподачи (топливного насоса, форсунок).

Проанализированы методы диагностирования для имитации их в обучающей системе. При имитации парциального метода моделируется работа двигателя с частью выключенных цилиндров, что позволяет оценивать мощностные и экономические показатели каждой группы работающих цилиндров, что увеличивает объем информации для дальнейшего анализа. Дифференциальный метод позволяет определить отклонение основных показателей от номинального значения по отдельным цилиндрам. Поэтому для имитации нагружения работающего цилиндра или минимальной группы цилиндров необходимо имитировать выключением других до тех пор, пока для вращения и вывода на номинальный скоростной режим не окажется необходимым подключение внешнего источника энергии. При дифференциальном методе проверяемый цилиндр работает с полной цикловой подачей топлива на номинальном скоростном режиме, и будут получены показатели отклонения мощности от номинального значения.

Также важна имитация различных вариантов бестормозных методов проверки двигателя в условиях эксплуатации, когда необходима имитация использования в качестве нагрузки механических потерь самого двигателя в сочетании с выключением из работы части цилиндров и применением догрузочных устройств в качестве дополнительного сопротивления. Но особенно важное значение имеет моделирование эксплуатации дизеля на неустановившихся режимах, когда оцениваются параметры двигателя при переходных процессах. Условия тренажерной обучающей системы позволяют сравнивать закономерности эталонного переходного процесса двигателя, снятого при исправном исходном состоянии топливной аппаратуры с переходным процессом, характерным для данного технического состояния аппаратуры.

Рассмотренные модели тренажерной обучающей системы позволяет формировать профессиональные компетенции, необходимые для эксплуатации СЭУ.

МАТЕМАТИЧНЕ ПЛАНУВАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЯК ЕЛЕМЕНТ ФОРМУВАННЯ ЗАГАЛЬНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ ФАХІВЦІВ МОРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ

Скирденко О.І., Знамеровська Н.П.
Херсонська державна морська академія (Україна)

Морський транспорт володіє істотними особливостями та перевагами. Організація перевезень морським транспортом дозволяє скоротити відстань переміщення вантажів та пасажирів окремими економічними районами. Тому морський транспорт має важливе значення у господарстві багатьох країн.

Для забезпечення успішної експлуатації морського транспорту постійно потрібно оновлювати технічні засоби та забезпечувати безпеку руху. Транспортування вантажів морськими шляхами скорочує транспортні видатки і підвищує таким чином, його економічну ефективність.

Правила Регістра судноплавства про вантажну марку встановлюють для морських транспортних суден мінімальну висоту надводного борту залежно від району і часу рейсу. Встановлена мінімальна висота надводного борту судна вказується в спеціальному сертифікаті про вантажну марку, відповідно до Міжнародної Конвенції про вантажну марку і визначає положення вантажних марок, що наносяться на бортах судна. Перевищувати завантаження судна, тобто «топити» вантажну марку категорично забороняється і відповідальність за це несе капітан.

При визначенні ліміту вантажної марки судна з діючих вантажних марок в портах завантаження, вивантаження і на морському переході, слід приймати до уваги щільність заборотної води в порту вивантаження, яке може опинитися менш щільне, ніж в порту завантаження. У якості ліміту величини може виступати не вантажна марка, а осідання судна, якщо є обмеження глибин в портах завантаження, вивантаження або на переході.

За лімітом вантажної марки або осадкою і густиною води знаходять повну водотоннажність судна. У разі портреби обмеження осадки визначають порт завантаження та порт вивантаження у разі будь-яких сумнівів щодо забезпечення прохідної осадки. Ідея полягає в тому, що повна водотоннажність судна змінюється в процесі рейсу за рахунок витрати палива і інших запасів, а осадка залежить від густини заборотної води.

Для визначення зазначених характеристик необхідно проведення цілого ряду вимірів. В першу чергу необхідно визначити те їх мінімальне число, що вистачить для їх найбільш точної і правильної оцінки результату вимірювань. Таку оцінку кількості вимірювань, що дублюються, можна отримати на основі коефіцієнта віріації, що визначається із співвідношення імпіричного середньоквадратичного відхилення вимірюваної величини до середнього її значення.

Попередньо встановивши рівень імовірності вимірюваної характеристики або параметру і попередньо прийнявши відносну похибку, можна встановити мінімально допустимий коефіцієнт варіації, який і буде відповідати числу необхідної кількості повторних, дубльованих вимірювань.

Цей метод визначення необхідного числа повторних вимірювань доцільно застосовувати як в умовах експлуатації суден, їх конструювання, виготовлення та ремонту. А також при визначенні характеристик суднобудівних матеріалів, в лабораторних практикумах технічних дисциплін, коли закон розподілу випадкових величин підкоряється нормальному, тобто характеризується кривою Гаусса.

Таким чином, проводячи лабораторні заняття з технічних дисциплін з використанням зазначеної методики можна формувати загальну компетентність фахівців морського транспорту, що допоможе їм при вирішенні цілого ряду завдань, які виникають в практичній діяльності.

Авторський показчик

Akimov A.V.	13	Бурылов С.В.	148
Bencheikh L.	161	Бутрин О.П.	26
Dmytriev D.O.	93	Бычкова К.Н.	102
Gontar O.G.	190	Ванжа А.Г.	25
Kashtalyan P.V.	150	Варбанец Р.А.	19
Kutsay O.M.	190	Варченко В.Т.	213
Li Ruifeng	98	Василец Д.И.	70
Novikov M.V.	190	Васильченко Г.Ю.	234, 242
Qi Kai	98	Васильченко К.Г.	230
Rachinskiy V.V.	93	Вассерман А.А.	20
Redchyts D.O.	81	Вербовский В.С.	117
Rozhkov S.A.	150	Вишняков Л.Р.	213
Rusanov S.A.	93	Волков Ю.В.	54
Sokolyuk D.V.	190	Вороненко С.В.	127
Starik S.P.	190	Ворошилов А.С.	148
Тkach V.A.	150	Гаева Л.І.	21
Тkach V.M.	190	Галинкін Ю.М.	42, 85
Авраменко Н.Н.	89	Гарматюк Р.Т.	165
Агєєв М.С.	156	Герасименко П.В.	130
Акимов А.В.	158	Гнатов А.В.	56
Акимова А.А.	225	Горбатюк Є.В.	79
Акімов О.В.	160, 223	Горбов В.М.	58
Алексенко В.Л.	123	Горобец В.Г.	60, 62
Амелин М.Ю.	45, 134	Грехов Л.В.	131
Антипов Е.А.	60, 62	Грицук И.В.	117
Апостол Ю.О.	108	Грушицький О.Я.	26
Аргун Щ.В.	56	Гуменюк І.А.	184
Бабій М.В.	125, 226	Даньк В.В.	64
Баганов Є.О.	48	Денисов А.А.	131
Бараненко А.І.	228	Деркач А.	206
Бачинський Ю.Г.	196	Дзіняк Б.О.	168
Безбах О.М.	192	Дзюра В.О.	91, 188
Безуглова І.В.	230, 232	Дикун Т.В.	21
Белоусов Е.В.	16	Дінжос Р.В.	166
Белоусова Т.П.	16	Добротвор І.Г.	170
Берестовой И.О.	50	Долгов Н.А.	174
Бесов А.В.	174	Дон Н.Л.	48
Білий Л.М.	178, 209, 216	Дорошенко В.С.	133
Білоусов Є.В.	115	Доценко С.М.	42, 85
Білоусова Т.П.	253	Дощенко Г.Г.	22, 32
Богатчук М.І.	52	Дубовий О.М.	172
Богатчук І.М.	52	Дубовик Л.П.	236
Богдан А.П.	186	Егоров О.И.	25
Богдан Ю.А.	60, 62	Ермолаев Г.В.	204
Бодак В.И.	117	Жолтиков Е.И.	19
Борсук С.П.	136	Заичко К.В.	174
Браїло М.В.	161	Зайцева Т.В.	238
Букетов А.В.	163	Зайченко А.Д.	198
Букетова Н.М.	203	Закуракин Д.В.	254

Замора Я.П.	175	Матвеев В.В.	31
Зінченко Д.О.	177, 240	Матвиенко М.В.	98, 204
Зінченко М.О.	240	Махровський В.М.	166
Зінь І.М.	209, 216	Микитишин А.Г.	208
Зінь Я.І.	178	Митенкова В.С.	58
Знамеровська Н.П.	242, 234, 255	Митрофанов О.С.	39
Золотий Р.З.	208	Михайлишин Р.І.	104
Иванов А.А.	89	Мнацаканов Р.Г.	184
Ивченко Т.И.	54, 102	Мороз В.П.	213
Исаев Е.А.	180	Морозова В.Н.	213
Ищенко И.М.	64, 127	Муль О.В.	133
Калиниченко В.И.	54	Наговська І.В.	196
Кальба Є.М.	165	Наговський Д.А.	22, 32
Каминская Н.Г.	248	Наконечний Ю.І.	108
Карманов В.В.	66, 68	Настасенко В.А.	76
Карпенко О.В.	209, 216	Настасенко В.О.	111, 125, 252
Кашицький В.П.	182, 201	Нігалатій В.Д.	163, 177
Кириладш О.І.	96	Овдей В.Н.	66, 68
Кириченко К.В.	153	Оробчук О.М.	168
Кирюхин А.В.	244	Орумбаева Н.Т.	106
Кіндрачук М.В.	184	Осадчук В.В.	253
Клевцов К.М.	214	Остапчук Б.В.	117
Клементьева О.Ю.	111, 113	Палагин А.Н.	29
Кобельник В.Р.	100, 188	Паламар М.І.	108
Кобельник О.С.	161	Пашинський Л.М.	165
Коваленко А.А.	198	Пелевін Л.Є.	79
Козьминых Н.А.	70	Пилипенко А.П.	218
Колебанов А.К.	246	Погорлецкий Д.С.	134
Коробко В.В.	72	Погребняк И.Ф.	121
Кострицький В.Г.	236	Познанський А.С.	39
Костюк В.С.	96	Поляков В.А.	110
Кравцова Л.В.	186, 248	Присташ Н.С.	198, 212
Кривий П.Д.	26, 188	Прокоп'юк В.А.	196
Кучеренко Ю.Н.	19	Проскурін А.Ю.	39
Кырнац В.И.	19	Проценко В.О.	34, 111, 113
Лабарткава А.В.	98	Проць Я.І.	104
Лебедь Н.И.	191	Прунько І.Б.	52
Лебедь О.Н.	191	Растегина Г.И.	89
Лещенко О.В.	203	Рева О.М.	136
Лешук Р.Я.	100	Редько О.І.	199
Липян Е.В.	193	Редько Р.Г.	199
Лисенков Е.А.	166	Роїк М.М.	152
Литвиненко В.П.	74	Россохатый В.О.	134
Лой С.А.	204	Рудакова А.В.	45
Лопата Л.А.	54	Рудинец Н.В.	117
Лошкарьов О.Г.	250	Савків В.Б.	104
Луців І.В.	194	Савчук В.П.	16, 115
Ляшенко Б.А.	102	Садова О.Л.	201
Макруха Т.О.	172	Самарін О.Є.	115, 140, 142, 144, 146
Малахов А.В.	29	Сапронов О.О.	203
Малець В.М.	182	Сеник А.А.	188
Марущак П.О.	218	Селіверстова С.Р.	83

Сидорук М.В.	37	Троханяк В.И.	60
Сизоненко О.Н.	193, 211, 212	Троханяк В.И.	62
Сичкарь Т.Г.	213	Троцан Г.Н.	102
Скалыга Н.Н.	117	Тулученко Г.Я.	125, 253
Скирденко О.І.	255	Тульженкова А.С.	213
Скосарь В.Ю.	148	Узлов О.М.	153
Скрипка Г.Л.	226	Федоров В.В.	196
Слынько А.Г.	20	Фіалко Н.М.	166
Сметанкин С.А.	123	Фролов О.М.	83
Сметанкін С.О.	163	Фурман В.К.	214
Смирнов И.В.	174	Фурс Т.В.	182
Смирнов І.В.	214	Фуч У.В.	168
Соколов А.Е.	254	Хачапуридзе Н.М.	110
Спихтаренко В.В.	205	Хлопик О.П.	209, 216
Стадник І.	206	Худяков И.В.	45
Старков Е.Е.	131	Цяпа М.В.	168
Стахурський О.О.	194	Чайківський А.В.	108
Степанчиков Д.М.	219	Чаусовский Г.А.	246
Стовба Т.А.	232	Чередниченко А.К.	87
Стрелковская Л.А.	36	Черненко В.В.	223
Стухляк Д.П.	170	Чихіра І.В.	165
Стухляк П.Д.	208	Чорний А.В.	214
Субтельний Р.О.	168	Шаймардан Р.	106
Тафтай Э.И.	211	Шарко А.В.	120
Терлыч С.В.	221	Шарко О.В.	219
Тимофеев К.В.	37	Шульгін В.А.	136
Тимошевський Б.Г.	39	Щедролосев А.В.	221
Тимошенко Н.М.	26	Щедролосев О.В.	153
Тимусь М.Б.	209, 216	Юренин К.Ю.	123
Тищенко А.Ю.	244	Якущенко С.В.	161
Тимошевський Б.Г.	42, 85	Ярема И.Т.	158
Ткач М.Р.	39, 42, 85	Ярема І.Т.	108, 163, 177, 203
Томашевський С.М.	152	Яцюк В.М.	158, 162, 163, 174, 203
Торпаков А.С.	211		
Трегуб В.А.	212		

Оформлення доповідей

Подання матеріалів до участі у роботі конференції супроводжується заявкою на участь, текстом доповіді, оформленим згідно з вимогами конференції. Автори надають у редакцію текст доповіді у вигляді файлу формату Microsoft Word, текст доповіді обов'язково повинен мати наступні розділи: вступ, актуальність досліджень, постановка задачі, результати досліджень, висновки. Обсяг доповіді – **1-2 повних сторінки** формату А4. Оформлення доповіді відповідно до наступних вимог:

Параметри сторінки: Поля: верхнє – 2 см, нижнє – 2 см, праве – 2 см, ліве – 2,5 см. Шрифт – Times New Roman. Інтервал – одинарний.

Назва. Шрифт – 14 пт., прописні. Абзац – без відступів, вирівнювання по центру. Інтервал – 12 пт

Прізвища, ініціали авторів. Шрифт – 12 пт. Абзац без відступів, вирівнювання по центру.

Повна назва організації доповідачів, країна.

Абзац без відступів вирівнювання по центру, інтервал після – 12 пт.

Текст доповіді. Шрифт – 12 пт. Абзац – 1,25 см, вирівнювання за шириною.

Література. Слово «ЛІТЕРАТУРА»: шрифт – 12 пт, прописні; абзац – без відступів, вирівнювання по центру, інтервал до – 12 пт., після – 6 пт. Список джерел: нумерований список, шрифт – 12 пт.; абзац – 1,25 см, вирівнювання за шириною. Список джерел оформлюється відповідно до вимог ДАК України.

Рисунки. Формат – *jpg, *gif, *tif, *bmp, *psx, *dwg, *dxf, *cdw, *frw, *cdr роздільною здатністю до 300 dpi. Під рисунком розташовується напис виду: «Рисунок 1. Назва рисунку». Абзац – без відступів, вирівнювання по центру, інтервал до й після рисунку – 6 пт.

Формули. Набираються в редакторах формул Microsoft Equation, Math Type. Параметри настроювання редактора за замовчуванням. Праворуч від формули в дужках вказати її порядковий номер.

Таблиці. Формат – Microsoft Word або Excel. Над таблицею з вирівнюванням за лівим краєм вказати номер та назву таблиці: «Таблиця 1. Назва таблиці». Інтервал до і після таблиці – 6 пт.

Місце проведення конференції – м. Херсон, пр. Ушакова 20, Херсонська державна морська академія, корп.1, ауд. 111. Проїзд від залізничного вокзалу трол. №1, маршрутне таксі №№ 9, 35, від автовокзалу – маршрутне таксі №№ 6, 9, для всіх видів транспорту – зупинка «Вул. 9-го січня».

Зразок оформлення доповідей

СУДНОВІ ЕНЕРГЕТИЧНІ УСТАНОВКИ НОВОГО ТИПУ

Петров І.І.

Херсонська державна морська академія (Україна)

$$S_e = \sum_{k=1}^N e^2(k). \quad (1)$$



Рисунок 1. Надпис до рисунку

Таблиця 1. Назва таблиці

--	--

Висновки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Сидоров І.П. Адаптивні системи управління на транспорті. – К.: Техніка, 1991. – 198 с.

Заявка на участь у конференції

П.І.Б. _____

Науковий ступінь, вчене звання _____

Посада, організація _____

Адреса для листування, тел. _____

E-mail _____

Назва доповіді _____

Тип доповіді: пленарна секційна стендова публікація без доповіді презентація

програмних засобів.

Назва секції (вказати обов'язково!) _____

Заповнену заявку, електронну версію відредагованих тез та копію квитанції про оплату оргвнеску направляти в оргкомітет конференції електронною поштою seuto@ukr.net або звичайною поштою.

Адреса оргкомітету:

73000, Україна, м. Херсон, просп. Ушакова, 20, Херсонська державна морська академія (ХДМА) Оргкомітет конференції СЕУТТОО.

Повний перелік доповідей учасників буде розміщено на сайті ХДМА <http://kma.ks.ua/nauchnaya-rabota/konferentsii-i-seminary/eseu>

За згодою авторів можливе розміщення на сайті повних текстів доповідей.

Відповідальність за наукову новизну, практичну цінність і зміст публікацій несуть безпосередньо автори.

Доповіді для публікації у журналі «Науковий вісник ХДМА» (за бажанням авторів), що затверджений ДАК України як фахове видання подають у вигляді статті, до якої додаються анотації мовою статті та англійською мовою. Обсяг статті для опублікування 5...10 сторінок. Вимоги до оформлення та умови опублікування розміщені на сайті за адресою <http://kma.ks.ua/nauchnaya-rabota/nauchnye-izdaniya>

Наукове видання

МАТЕРІАЛИ

7-мої Міжнародної науково-практичної конференції

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

Відповідальний за випуск *Р.С. Врублевський, А.В. Букетов*
Технічний редактор *М.В. Браїло*
Друк, фальцювальні-палітурні роботи *В.Г. Удов*

Формат 60x84/16. Папір офсетний.
Ум. друк. арк 18,8
Підписано до друку 14.10.16 р.
Тираж 100 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