

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**ТИЖДЕНЬ НАУКИ -2014**

Збірник тез доповідей щорічної  
науково-практичної конференції серед викладачів, науковців,  
молодих учених, аспірантів і студентів ЗНТУ

14–18 квітня 2014 року

Том 1

Запоріжжя • 2014

УДК 001  
ББК Ч 21  
Т39

Рекомендовано до видання Вченою радою Запорізького національного технічного університету (протокол № 9 від 28.04.2014)

Упорядник Висоцька Н.І.

Редакційна колегія:

*Внуков Ю.М.*, д-р техн. наук, професор (відпов. ред.)

*Зайцева В.М.*, канд. пед. наук, професор

*Івченко Л.Й.*, д-р техн. наук, професор

*Луньов В.В.*, д-р техн. наук, професор

*Піза Д.М.*, д-р техн. наук, професор

*Прушківський В.Г.*, д-р екон. наук, професор

*Сажнев В.М.*, канд. техн. наук, доцент

*Висоцька Н.І.*, начальник патентно-інформаційного відділу

Тези доповідей друкуються методом прямого відтворення тексту, представленого авторами, які несуть відповідальність за його форму і зміст.

**Тиждень науки - 2014.** Збірник тез доповідей щорічної науково-практичної конференції серед викладачів, науковців, молодих учених, аспірантів і студентів ЗНТУ, Запоріжжя, 14–18 квітня 2014 р. В 5 томах. Т. 1 / Редкол. : Ю. М. Внуков (відпов. ред.) та ін. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2014. – 308 с.

ISBN 978-617-529-106-1 (повне зібрання)

ISBN 978-617-529-101-6 (том 1)

Зібрані тези доповідей, заслуханих на щорічній науково-практичній конференції серед студентів, викладачів, науковців, молодих учених і аспірантів. Збірка відображає широкий спектр тематики наукових досліджень, які проводяться у Запорізькому національному технічному університеті. Збірка розрахована на широкий загал дослідників та науковців.

УДК 001  
ББК Ч 21

ISBN 978-617-529-106-1  
ISBN 978-617-529-101-6

© Запорізький національний  
технічний університет (ЗНТУ),  
2014

## ЗМІСТ

<b>СЕКЦІЯ «ТРАНСПОРТНІ ЗАСОБИ»</b> .....	15
<i>Козырев В.Ф.</i> Оценка нагруженности трансмиссии грузовых автомобилей .....	15
<i>Дударенко О.В.</i> Методи визначення тягово-швидкісних властивостей автомобіля в дорожніх умовах .....	16
<i>Щербина А.В.</i> Керованість та стійкість легкових автомобілів при застосуванні систем безпеки руху .....	16
<i>Кубіч В.І.</i> Формування вторинного мастильного матеріалу в умовах граничного тертя .....	17
<i>Слюсаров О.С.</i> Оцінка впливу режиму кочення колісного рушія на коефіцієнт його корисної дії .....	19
<i>Сосик А.Ю.</i> Методи визначення тягово-швидкісних властивостей автомобіля в лабораторних умовах .....	20
<i>Литвиненко Д.С., Писаревский В.И.</i> Клапан-автомат для стабилизации скорости опускания платформы автомобиля-самосвала .....	20
<i>Максименко В.Р., Сосик А.Ю.</i> Шляхи зменшення тривалості спрацьовування гальмівної системи з електромеханічним типом приводу .....	21
<i>Михайлов О.С., Слюсаров О.С.</i> Дослідження ефективності гібридної силової установки автомобіля малого класу .....	22
<i>Раевский С.В., Брылев В.В.</i> влияние угловой жесткости подвески на управляемость и устойчивость автомобиля .....	23
<i>Салимоненко С.В., Дударенко О.В.</i> Моделирование условий дорожно-транспортного происшествия при фронтальном столкновении транспортного средства и пешехода .....	25
<i>Василенко Р.В., Козырев В.Ф.</i> Переоборудование автомобиля ТАТА Хепи под автомобиль скорой помощи .....	26
<b>СЕКЦІЯ «ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ»</b> .....	27
<i>Кузькін О.Ф.</i> Топологічний аналіз маршрутних мереж міського транспорту загального користування великих міст України .....	27
<i>Юдін В.П.</i> Аналіз ефективності методів і засобів оцінки рівня шкідливих викидів у відпрацьованих газах автомобільних двигунів .....	29
<i>Трушевський В.Е.</i> Визначення доцільності введення додаткових стоп-ліній на регульованих перехрестях .....	30
<i>Турпак С.М.</i> Визначення логістичного критерію оптимізації залізничних перевезень металургійного підприємства .....	31
<i>Райда І.М.</i> Формалізація поняття «автомобільного поля» .....	32
<i>Тарасенко О.В.</i> Топографічний аналіз дорожньо-транспортних пригод на автомобільній дорозі М-18 в межах Запорізької області .....	34

<i>Величко О.О.</i> Визначення логістичного критерію оптимізації транспортної системи агломераційного виробництва .....	37
<i>Острогляд О.О.</i> Використання графоаналітичного методу для удосконалення мікрологістичних систем металургійних підприємств .....	38
<i>Грицай С.В.</i> Удосконалення організації перевезень палива для основного виробництва ВАТ «Запоріжсталь» в зимовий період .....	39
<i>Веремеєнко Л.А., Кондакова А.Е.</i> Оперативне планування вантажної роботи в умовах змерзання вантажів .....	40
<i>Васильєва Л.О., Шмакова Я.О.</i> Визначення логістичного критерію оптимізації процесів формування вантажних відправлень металургійного підприємства .....	41
<i>Турпак С.М., Світлицький О.В.</i> Оптимізація маршрутів перевезень вантажів на під'їзній колії металургійного підприємства .....	42
<b>СЕКЦІЯ «МЕХАНІКА» .....</b>	<b>43</b>
<i>Кузьменко И.И., Штанько П.К., Коваленко Т.А., Мазина О.В., Байдуков В.Ю., Макаров О.В.</i> Аналитический метод проектирования цилиндрической пружины кручения .....	43
<i>Шевченко В.Г., Перепёлкина М.Н., Глотка Т.А.</i> Получение субмикроструктурной структуры в экономно-легированных титановых сплавах .....	45
<i>Скребцов А.А., Овчинников А.В.</i> Влияние содержания гидрированного титана в порошковой смеси на формирование структуры спеченного сплава ВТ1-0 .....	46
<i>Джуган А.А.</i> Особенности гидрирования и дегидрирования в порошковых титановых материалах .....	47
<i>Кружнова С.Ю., Гаряга П.И.</i> Нечеткий регулятор для управления неустойчивым объектом .....	48
<i>Кружнова С.Ю.</i> Задача Коши для тонкой цилиндрической упругой оболочки .....	50
<b>СЕКЦІЯ «ТЕПЛОТЕХНІКА І ГІДРАВЛІКА» .....</b>	<b>52</b>
<i>Слинько Г.І.</i> Дослідження теплофізичних та фізико-механічних властивостей лігнопелет .....	52
<i>Слинько Г.І., Мозговий А.В.</i> Особливості будови газорозподільного механізму ДВЗ різних типів .....	53
<i>Слинько Г.І., Лук'яненко В.П.</i> Особливості конструкції системи газорозподілу одноциліндрового чотиритактного бензинового двигуна з циліндром, що обертається .....	55
<i>Слинько Г.І., Стаднік О.В.</i> Дослідження впливу температурних режимів теплообмінника на роботу двигуна стірінга .....	57
<i>Слинько Г.І., Барисніков І.Ю.</i> Теоретичне дослідження впливу режимів роботи турбокомпресора на швидкісні характеристики КДВЗ ВА3-11194 .....	59

<i>Слинько Г.І., Глебов Д.А.</i> Основні напрямки модернізації системи живлення автомобільного двигуна МеМЗ-301 .....	61
<i>Слинько Г.І., Тимченко Є.В.</i> Порівняння характеристик та вибір напрямків досліджень альтернативних палив дизельних двигунів .....	62
<i>Слинько Г.І., Раковець С.В.</i> Стан та причини зношування турбіни турбокомпресора двигунів автотракторного типу .....	64
<i>Слинько Г.І., Мануйлов Е.В.</i> Матеріал з покращеними трибологічними властивостями для опорних підшипників турбокомпресорів автомобільних двигунів .....	66
<i>Беженев С.О.</i> Оцінювання ефекту поверхневого зміцнення залізовуглецевих сплавів за їх статичними та циклічними АЕ-характеристиками.....	68
<i>Мазін В.О., Сухонос Р.Ф.</i> Особливості використання стаціонарних установок з двигунами Стірлінга.....	69
<i>Рябошапка Н.Є.</i> Дослідження рівномірності нагрівання вуглеграфітових виробів в обпалювальних печах.....	70
<i>Рябошапка Н.Є., Мурко А.П.</i> Дослідження розподілу температур в камерах печей обпалювання.....	71
<i>Цокотун П.В., Грузков Я.Є.</i> Нестационарна теплопровідність прямокутної пластини без внутрішніх джерел тепла.....	73
<i>Цокотун П.В., Супрун О.І.</i> Чисельні методи розрахунку температурних полів (двовимірне нестационарне температурне поле) прямокутної пластини.....	73
<i>Касіч-Пилипенко С.В.</i> Розрахунок витрат питної води при пошкодженні водогону або при підключеннях без приладів обліку.....	74
<i>Касіч-Пилипенко С.В., Павлятенко І.М.</i> Гідродинамічні передачі.....	75
<i>Стукалов К.О.</i> Вплив зміни тиску у турбокомпресорі на швидкісні характеристики дизельного двз.....	75
<i>Євсєєва Н.О.</i> Особливості чисельних розрахунків теплофізичних процесів.....	76
<i>Євсєєва Н.О., Марчук М.С.</i> Алгоритм математичного розрахунку температурного поля теплової системи .....	77
<b>СЕКЦІЯ «НАРИСНА ГЕОМЕТРИЯ, ІНЖЕНЕРНА ТА КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА».....</b>	<b>79</b>
<i>Пугачов Г.О.</i> Іноваційні технології організації і проведення практичних і самостійних занять з комп'ютерної графіки.....	79
<i>Сумський В.І., Корнієнко О.Б.</i> Актуальність виконання кінематичних та гідравлічних схем з використанням комп'ютерної графіки для машинобудівних спеціальностей.....	80
<i>Лютова О.В.</i> Використання вторинних алюмінієвих сплавів у транспортному машинобудуванні .....	81

<i>Бовкун С.А.</i> Загальні вимоги до нанесення розмірів на кресленнях .....	82
<i>Мамедов Б.Ш.</i> Основы единой теории движителей на непрерывных потоках. Вывод формулы тяги, полетного (тягового) кпд турбореактивных двигателей .....	83
<i>Шемаров М.А., Пугачов Г.А.</i> Комп'ютерна графіка при вивченні основ нарисної геометрії .....	84
<i>Шаломеев В.А., Скоробагата М.В., Ивахненко И.Е.</i> Влияние перегрева расплава на структуру и свойства отливок из сплава МЛ15 .....	85
<i>Корнієнко О.Б., Жесткова А.В.</i> Виконання схем електричних принципів в графічній системі Autocad .....	86
<i>Брикова Н.О., Юрасов П.А.</i> Характеристика, зображення та позначення елементів деталей машин .....	87
<i>Бовкун С.А., Иванов В.О.</i> Побудова перспективних зображень. Перспектива точки .....	88
<b>СЕКЦІЯ «ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ»</b> .....	89
<i>Концир Я.С., Степанов Д.М.</i> Методика вимірювання силового тиску на поверхню деталі при обробці нежорсткими інструментами .....	89
<i>Монько Ю.О., Гончар Н.В.</i> Заокруглення задирок заготовок, отриманих литтям в кокіль та під тиском, із алюмінієвих сплавів .....	91
<b>СЕКЦІЯ «ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА АВІАЦІЙНИХ ДВИГУНІВ»</b> .....	92
<i>Белка А.А.</i> Технологии получения деталей ГТД из композиционных наноматериалов .....	92
<i>Мокиенко М.С.</i> Лазерные методы обработки поверхностного слоя деталей ГТД .....	92
<i>Подгорный А.В.</i> Методы исследования наноматериалов .....	93
<i>Русанов В.И.</i> Технологические методы получения деталей ГТД из нанопорошковых материалов .....	94
<i>Цвельх Д.Л.</i> Ремонт деталей ГТД с использованием нанотехнологий .....	95
<i>Аникина О.С.</i> Получение наноматериалов для деталей ГТД винтовой экструзией .....	96
<i>Демченко В.С.</i> Технологии нанесения наноструктурированных покрытий на детали ГТД .....	97
<i>Гыльдждов Ш.А.</i> Технология изготовления деталей ГТД из наноструктурированных титановых сплавов .....	98
<i>Элькади М.</i> Технологии нанесения наноструктурированных покрытий на детали ГТД из жаропрочных сплавов .....	99
<b>СЕКЦІЯ «ОБРОБКА МЕТАЛІВ РІЗАННЯМ»</b> .....	100
<i>Бойко І.А., Солоха В.В.</i> Динамічний аналіз поворотного столу 5-ти координатного обробного центру .....	100

<i>Івченко Л.Й., Глушко А.В.</i> Зносостійкість плоско-паралельних трибоз'єднань за умов динаміки навантаження .....	101
<i>Івченко Л.Й., Шаравара О.О.</i> Зносостійкість деталей з жароміцних матеріалів при керованій зміні процесу припрацювання .....	103
<i>Клименко В.Ю.</i> Использование зубьев CURVIC в деталях ГТД.....	104
<i>Ивченко Л.И., Прибора Т.И., Комочкин Н.С.</i> Связанные колебания системы «диск-лопатка» и их влияние на износ бандажных полок лопаток турбины ГТД.....	105
<i>Петрыкин В.В.</i> Законодательная метрология и сертификация .....	106
<i>Ивченко Л.И., Цыганов В.В.</i> Перспективы внедрения полимера в зону контакта сложонагруженных трибосопряжений.....	106
<i>Штанкевич В.С.</i> Основні етапи розвитку верстатобудування.....	108
<i>Глушко П.В., Івченко Л.Й.</i> Концепція створення матеріалів із заданими властивостями з пористих порошкових матеріалів.....	109
<i>Цыганов В.В., Крестьяников А.И.</i> Модернизация машины трения СМТ-1 ..	110
<i>Цыганов В.В., Губарева А.Ю.</i> Перспективы исследования износостойкости при разных видах нагружений.....	111
<i>Цыганов В.В., Гаряга П.И.</i> Совершенствование методологии оценки адгезионного взаимодействия .....	113
<b>СЕКЦІЯ «ДЕТАЛІ МАШИН І ПТМ» .....</b>	<b>114</b>
<i>Вільчек О.І., Сидоренко М.В.</i> Про роль структурного фактора в контактному руйнуванні поверхонь кочення .....	114
<i>Задоя Н.А.</i> Комбинированный способ отверждения полимерных композиционных материалов.....	115
<i>Носенко М.І., Павлов В.О.</i> Технологія виготовлення порошкових виробів при гарячому деформуванні .....	116
<i>Сочава А.І., Фролов Р.О.</i> Дослідження впливу коефіцієнта концентрації напружень на опір втомі низьколегованих сталей в умовах асиметрії циклу .....	118
<i>Мартовицький Л.М., Шаніна З.М., Гальченко Л.В., Глушко В.І.</i> Коливання кранових споруд зі змінною жорсткістю та масою .....	119
<i>Лятуринский В.А.</i> Технологические напряжения в сварных соединениях крановых металлоконструкций.....	120
<i>Білий Є.Т.</i> Оптимізація проектування валів .....	123
<i>Носенко М.І., Павлов В.О., Караберов Є.В.</i> Розробка пристроїв для гарячої деформації порошкових заготовок при отриманні деталей конструкційного призначення.....	124
<i>Мартовицький Л.М., Руднєв О.М., Коваленко О.П.</i> Вплив зміни циклічності роботи поясів кранових балок на їх витривалість .....	125
<i>Лятуринский В.А., Горбачев С.С.</i> Напряженно-деформированное состояние сварных крановых балок при их изготовлении .....	125

<i>Ляшенко О.П., Баришніков І.Ю., Стаднік О.В.</i> Технологічні процеси виготовлення деталей машин методами порошкової металургії .....	127
<b>СЕКЦІЯ «ОБРОБКА МЕТАЛІВ ТИСКОМ»</b> .....	129
<i>Обдул В.Д.</i> Преси для витягування з нетрадиційним приводом .....	129
<i>Матюхин А.Ю.</i> Экспериментальное исследование течения металла при осадке кольца в контейнере .....	129
<i>Широкобоков В.В.</i> Анализ деформируемой части станины в традиционных прессах и прессах с бесшатунным ГИМом .....	130
<i>Путники А.Ю.</i> Влияние динамических процессов широкополосных станов на параметры работы оборудования и качество готового проката ...	131
<i>Дубіна В.І., Баницікова Т.В.</i> Аналітичний огляд технологічних способів гнуття прямокутних труб та визначення зусилля деформування .....	133
<i>Широкобоков В.В., Еремін Е.В.</i> Сравнительная характеристика высотных размеров традиционных прессов и прессов с бесшатунным ГИМом .....	134
<i>Бичевой А.Ф., Червонченко В.А.</i> Енергозберігаючі технології гарячого об'ємного штампування .....	135
<i>Шейко С.П., Ечин С.М.</i> Решение пространственной задачи Теории пластичности .....	136
<b>СЕКЦІЯ «ВИЩА МАТЕМАТИКА»</b> .....	137
<i>Чумаченко В.П., Онуфриенко Л.М., Чумаченко Я.В.</i> О решении задачи рассеяния волн в $E$ -плоскостном волноводном трансформаторе с осевой симметрией $N$ -го порядка .....	137
<i>Засовенко А.В.</i> Моделювання прогинань балки кінцевої довжини, що лежить на односторонній інерційній основі .....	138
<i>Штефан Т.О., Слюсарова Т.І.</i> Фрактальний аналіз у інтегродиференціальному моделюванні фрактально - субстанційованого середовища .....	139
<i>Штефан Т. О., Величко О. В.</i> Математична модель процесу деформування стійки при перевезенні важких вантажів .....	140
<i>Нагорний Ю.І.</i> Застосування методу додаткової роботи для дослідження крутіння бруса із багатозв'язним перерізом .....	141
<b>СЕКЦІЯ «ФІЗИЧНА КУЛЬТУРА, ЛФК ТА СПОРТ»</b> .....	142
<i>Голєва Н.П., Грищенко Л.Я.</i> Особливості використання програм початкової підготовки з різних видів спорту у педагогічному процесі з фізичного виховання вищої школи .....	142
<i>Дудник Ю. І., Жержерунов А. О., Журавльов Ю.Г., Крюков Ю.М.</i> Працездатність при максимальному споживанні кисню .....	144
<i>Ремешевський О.В., Крюков Ю.М., Крюкова І. М.</i> Компоненти кондиційного тренування .....	145



<i>Соловійова М.Г., Терьохіна О.Л.</i> Оптимізація процесу фізичного виховання студентів .....	146
<i>Кемкіна .В.І. , Сокирко.О. , Кемкін.В.В.</i> Рухливі ігри з плавання для студентів на заняттях з фізичного виховання .....	148
<i>Кемкіна В.І., Дуднік.Ю.І., Жержерунов.А.А., Журавлев. Ю.Г.</i> Голбол як вид спорту для студентів на заняттях з фізичного виховання у вищих навчальних закладах .....	149
<i>Сокол.Л.Г., Напалкова.Т.В., Барська.Н.Л., Мілкіна.О.В.</i> Фізичні вправи і раціональне харчування у зниженні ваги студентів.....	151
<i>Чухланцева Н. В., Сокол Л, Г., Напалкова Т.В., Барська Н.Л.</i> Здоров'я розвиваюча спрямованість фізичного виховання студентів.....	153
<i>Голева Н.П., Мотуз С.О., Михайленко Н.В.</i> Специальная подготовка пловцов – спринтеров .....	154
<i>Грищенко Л.Я., Жук В.С., Путров О.Ю.</i> Индивидуальный подход к выбору средств подготовки спортсменов .....	157
<i>Федорова О.В., Щокін О.О., Музичова Н.І.</i> Формирование мотивации к занятиям физическими упражнениями .....	158
<i>Луценко С.Г., Соловійова М.Г.</i> Адаптация и тренированность при мышечной работе .....	159
<b>СЕКЦІЯ «ПРИКЛАДНЕ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО» .....</b>	<b>161</b>
<i>Танцюра О.А., Ткач Д.В., Степанова Л.П.</i> Дослідження структуроутворення в титані ВТ1-0 в процесі ПІД.....	161
<i>Афанас'єва О. С., Лазечний І.М.</i> Технології хіміко-термічного оброблення зубчастих колес газотурбінних двигунів зі сталі 13хЗНВМ2ФАШ.....	162
<i>Фасоль Є.О., Грабовський В.Я.</i> Вибір раціональної термічної обробки залізонікелевих сплавів з ГЦК граткою, що зміцнюються дисперсійними частинками фази Лавеса Fe <sub>2</sub> (W,Mo).....	164
<i>Тетых К.В., Винниченко В.С.</i> Математическое моделирование влияния режимов термической обработки на параметры штампуемости листовой стали .....	166
<i>Прядко Ф.Ф., Климов О.В., Нестеров О.В.</i> Дослідження впливу легувальних елементів на фазовий склад жаростійких сталей, що містять 3–8% хрому .....	168
<i>Шльоміна А.В., Джуган О.А., Ольшанецький В.Ю.</i> Отримання присадкових дослідних сплавів з субмікрокристалічною структурою методом гвинтової екструзії.....	168
<i>Сорока О.О., Грабовський В.Я.</i> Особливості використання аустенітних хромомарганцевих сталей для матриць гарячого пресування металів .....	172
<b>СЕКЦІЯ «МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ І СТРОКУ СЛУЖБИ ЗВАРНИХ КОНСТРУКЦІЙ» .....</b>	<b>174</b>

<i>Бусов А.В., Быковский О.Г.</i> Влияние шероховатости на смачиваемость поверхности при напылении .....	174
<i>Воронін Д.Я., Биковський О.Г.</i> Температура і фракційний склад часток при плазовому напыленні .....	175
<i>Куликовский Р.А., Алексеенко С.В., Малий Д.С.</i> Высокотемпературная реактивно-флюсовая пайка алюминия .....	176
<i>Попов С.М., Трубочанінова К.В., Гріцкевич А.А.</i> Дослідження механізму руйнування поверхні тертя зірочки гусеничного крану марки Sumitomo Link – Belt LS – 418 Ai .....	177
<i>Холод А.В., Федченко Ю.В., Андрущенко М.И.</i> Структура и свойства наплавленного металла после высокотемпературной цементации .....	179
<i>Савонов Ю.Н., Александров А.Г.</i> Свариваемость высоколегированных феррито - аустенитных сталей .....	182
<i>Калинин Ю.А., Куликовский Р.А., Брыков М.Н.</i> Основные достижения в области сварки трением с перемешиванием (обзор).....	184
<i>Холод А.В., Андрущенко М.И., Осипов М.Ю.</i> Особенности изнашивания материалов при повышенных температурах .....	185
<i>Капустян А.Е., Тимофеев Д.Н., Петрашов А.С., Бережной С.П., Брыков М.Н.</i> Кинетика бейнитного превращения низколегированных высокоуглеродистых сталей при температурах до 300°С .....	188
<i>Шумилов А.А.</i> Исследование демпфирующих свойств композита при воздействии ударных нагрузок .....	190
<b>СЕКЦІЯ «ОХОРОНА ПРАЦІ І НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА»</b> .....	193
<i>Skuibida O.L.</i> Morphological and structural transformations during heat treatment of secondary AL-SI alloys.....	193
<i>Петрищев А.С.</i> Ефективність утилізації техногенних відходів при отриманні сплаву для легування та розкиснення швидкокоріжучих сталей ....	194
<i>Островська А.Є.</i> Вплив поверхневої лазерної обробки на втомну витривалість вторинних силумінів .....	196
<b>СЕКЦІЯ «ХІМІЯ ТА ЕКОЛОГІЯ»</b> .....	198
<i>Пономаренко Н.И., Ремизова А. Д.</i> Экологический менеджмент .....	198
<b>СЕКЦІЯ «ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ»</b> .....	199
<i>Яримбаи С.Т.</i> Особливості інтерактивного вивчення програмного забезпечення FEMM.....	199
<i>Коцур І. М.</i> Особливості теплового стану асинхронного двигуна з модифікованою системою імпульсного керування в повторно короткочасних режимах роботи.....	200
<i>Попова Т.В., Попов С.М.</i> Системний аналіз розрахунку конструктивних параметрів ідуктивних електричних апаратів .....	201

<i>Андрієнко О.М.</i> Підвищення ефективності обмеження однофазного струму короткого замикання за рахунок застосування захисного пристрою в нейтралі високовольтної обмотки трансформатора .....	202
<i>Пачколін Ю.Е.</i> Розробка заходів з економії електроенергії та визначення шляхів її реалізації .....	203
<i>Левенков І.В.</i> Вплив магнітних полів зубців на акустичні властивості асинхронного двигуна.....	204
<i>Ланкіна С.О.</i> Визначення електромагнітних зв'язків потокозчеплень обмоток зі струмами силового трансформатора за допомогою програмного забезпечення FEMM.....	206
<i>Літвінов Д.О.</i> Обґрунтування схеми заміщення обмотки трансформатора з ізолюваною та заземленою нейтраллю при перенапругах.....	207
<i>Дівчук Т.С.</i> Розподілення магнітних потоків силових трансформаторів.....	208
<i>Солодовнікова Т.П.</i> Реалізація чисельних методів інтегрування в системі Smath Studio .....	209
<i>Шлянін Т.П.</i> Методи побудови двох- і тривимірної графіки в Smath Studio .....	210
<i>Ткаченко О.С.</i> Дослідження магнітних властивостей холоднокатаної електротехнічної сталі марки 3409 для просторових магнітних систем в трансформаторах спеціального призначення .....	212
<i>Хіміч С.А.</i> Дослідження паралельної роботи трансформаторів при різних коефіцієнтах трансформації .....	213
<i>Власик В.О.</i> Сучасні технології сушіння активної частини силового трансформатора .....	214
<i>Дворніченко Е.К.</i> Алюміній проти міді в трансформаторах .....	215
<i>Гаркуша О.О.</i> Аналіз методів діагностування виткових замикань в обмотці статора асинхронного двигуна .....	217
<i>Буряк Н.О.</i> Дослідження параметрів неробочого ходу на прикладі трансформатора ТДНС-10000/35-У1 засобами математичного моделювання.....	218
<i>Найдіч Ю.К.</i> Дослідження параметрів короткого замикання на прикладі трансформатора ТМН-2500/35-У1 засобами математичного моделювання.....	219
<i>Прімецаєв Є.С.</i> Дослідження параметрів неробочого ходу трансформатора ТМН-6300/35-У1 засобами FEMM.....	220
<i>Савін М.А.</i> Дослідження параметрів короткого замикання на прикладі трансформатора ТМН-10000/110-У1 з засобами програмного забезпечення FEMM.....	221

<i>Феколін О.В.</i> Визначення опорів взаєміндукції обмоток трансформатора ТМН-1600/35-У1 засобами математичного моделювання.....	222
<i>Ціср М.О.</i> Визначення опорів самоіндукції на прикладі вимірювального трансформатора напруги на 420кВ засобами FEMM .....	223
<b>СЕКЦІЯ «ЕЛЕКТРИЧНІ І ЕЛЕКТРОННІ АПАРАТИ».....</b>	<b>224</b>
<i>Скрупская Л.С.</i> Прогнозирование остаточного ресурса внутренней изоляции измерительных трансформаторов тока на основе метрической классификации.....	224
<i>Афанасьев О.І.</i> Дослідження впливу структури опорного ізолятора на розподіл напруженості поля уздовж бокової поверхні ізолятора у обмежувачах перенапруг 750 кВ .....	225
<i>Коцур М.И.</i> Оценка теплового состояния изоляции асинхронного двигателя с фазным ротором с модифицированной системой импульсного регулирования .....	226
<i>Василевский В.В.</i> Моделирование динамики процессов миграции влаги в бумажно-масляной изоляции силового трансформатора .....	227
<i>Ларионова Т.Ю.</i> Задачи энергоэффективного управления импульсным регулятором системы электропитания собственных нужд .....	228
<b>СЕКЦІЯ «ТЕОРЕТИЧНА ТА ЗАГАЛЬНА ЕЛЕКТРОТЕХНІКА».....</b>	<b>230</b>
<i>Безотосний В.Ф., Власенко Е.В., Романіченко Г.Н.</i> Контроль властивостей матеріалів накладними перетворювачами.....	230
<i>Безотосний В.Ф., Козлов В.В., Набокова О.В., Афанасьєва І.О.</i> Питання розрахунків і застосування магнітопружних перетворювачів з урахуванням теоретико-цепної моделі.....	231
<i>Власенко Э.В., Безотосный В.Ф., Афанасьева И.О., Романіченко Г.Н.</i> Управление параметрами колебаний низкочастотных электромагнитных вибровозбудителей.....	232
<i>Тиховод С.М., Корнус Т.М.</i> Використання поліномів Чебишева для розрахунку перехідних процесів.....	234
<i>Волкова О.Г.</i> Вимірювання температури поверхонь розривних контактів в електричних апаратах високої напруги .....	237
<b>СЕКЦІЯ «ФІЗИКА».....</b>	<b>238</b>
<i>Манько В.К.</i> Вимірювання коефіцієнта Пуассона за допомогою пружинного маятника .....	238
<i>Єршов А.В., Зеленіна О.А.</i> Особливості конвективного та променевого теплоперенесення при плавленні дроту у струмені плазми .....	240
<i>Луцин С.П.</i> Кінетика зміни поверхневої електропровідності п'єзокераміки ЦТС під дією водневої плазми .....	242
<i>Lushchin S.P., Sokol T.O.</i> Particulars of teaching the course of basic physics in english at the technical university .....	243

<i>Гуляева Т.В.</i> Свойства постоянных магнитов системы Nd-Fe-B легированных Cu, Ti, C, полученных порошковым методом или спеканием пленок в условиях высокого давления .....	244
<i>Работкіна О.В.</i> Вивчення електричних властивостей твердых тіл у лабораторному практикумі курсу загальної фізики .....	246
<b>СЕКЦІЯ «ІНОЗЕМНІ МОВИ»</b> .....	248
<i>Войтенко С.В.</i> Мовні помилки як результат інтерференції на рівні морфеми .....	248
<i>Рябенко Г. А.</i> Труднощі оволодіння одиницями, які описують концепт «час» при вивченні німецької мови .....	249
<i>Суворова Т. М.</i> Інтерференція в сфері граматики і фонетики як наслідок двомовності .....	251
<i>Соболь Ю.А.</i> Интерференция как следствие асимметрии контактирующих языков .....	253
<i>Курілова Л.В.</i> Граматична інтерференція під час перекладу з української мови на англійську .....	254
<i>Кузьменко В.Г.</i> Граматична інтерференція в професійно орієнтованих комунікаціях та перекладі .....	256
<i>Сивачук О.М.</i> Фонетична і граматична інтерференція в комп'ютерному жаргоні .....	259
<i>Горбенко К.В., Сокол Т.О.</i> Controlled shunt reactors as a unit for losses decrease in electronic energy transmission .....	260
<i>Філончук Ю.Ю., Курілова Л.В.</i> Real time passenger information system .....	261
<i>Світлицький О.В., Курілова Л.В.</i> Measuring investment in transport infrastructure .....	262
<i>Хало М.А., Суворова Т.М.</i> 3D technologies.....	263
<i>Шийка Г.А., Суворова Т.М.</i> A survey of mobility models in wireless networks .....	264
<i>Бабакін М.А., Суворова Т.М.</i> Build your own combat robot .....	265
<i>Михайлов А.С., Курілова Л.В.</i> Ways of decreasing automobile's harmful emissions .....	266
<i>Кравчук Ю.К., Суворова Т.М.</i> Bank's liabilities management.....	267
<i>Песеукова А.В., Суворова Т.М.</i> Market economy .....	268
<i>Руденко Н.Г., Сівець Р.О.</i> Packet processing .....	271
<i>Мартиненко Г.В., Суворова Т.М.</i> Marketing strategies and tactics .....	272
<i>Галкін В.А., Суворова Т.М.</i> Quantum computers .....	274
<i>Салімоненко С.В., Курілова Л.В.</i> Life of benjamin franklin and his contribution to the history of mankind .....	275
<i>Василенко Р.В., Курілова Л.В.</i> Utilization of gas fuel in vehicle: pros and cons .....	276

<i>Раєвський С.В., Курілова Л.В.</i> An active suspension system as a unit of economically leveling a car during cornering .....	277
<i>Секретарьова О.В., Суворова Т.М.</i> Solving the problem of outdated relay protection devices in the complete switchgear .....	278
<i>Роговська К.О., Дубровин В.І., Сівець Р.О.</i> Program realization of methods of spectral analysis of non-stationary signals .....	280
<i>Шостак С.С., Сівець Р.О.</i> Cluster operating system mosix .....	281
<i>Бедняк А.О., Сівець Р.О.</i> Introducing software defined networking .....	283
<i>Осипенко Л.М., Сівець Р.О.</i> IEEE 802.11 .....	285
<i>Борисенко Ю.С., Сівець Р.О.</i> Problem of the kilogram standart.....	286
<i>Ткачева Н. Є., Соболев Ю.О.</i> Alternative sources of energy: wind generators ...	288
<b>СЕКЦІЯ «РАДІОТЕХНІКА ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ» .....</b>	<b>289</b>
<i>Шийка А.А., Сметанин И.Н.</i> Возможность использования нейронных сетей для прогнозирования мобильности в manet-сетях .....	289
<i>Щекотихин О.В., Плотникова К.О.</i> Тестирование и выявление неисправностей в оптоволокне .....	291
<i>Щекотихин О.В., Плотникова К.О., Звонарьова М.А.</i> Способы повышения достоверности передачи информации в ВОСП.....	293
<i>Соболев И.А., Костенко В.О.</i> Малоомощный источник питания от высоковольтной линии электропередач .....	293
<i>Бугрова Т.И., Малий В.А.</i> Антенна для улучшения качества мобильной связи .....	295
<b>СЕКЦІЯ «МІКРО- ТА НАНОЕЛЕКТРОНІКА» .....</b>	<b>298</b>
<i>Матюшин В.М.</i> Исследование воздействия атомов и молекул водорода на электрофизические параметры и структуру полупроводниковых кристаллов.....	298
<i>Погосов В.В., Бабищ А.В., Вакула П.В.</i> Позитронные состояния в вакансиях на поверхности металла .....	300
<i>Погосов В.В., Бабищ А.В., Вакула П.В.</i> Вакансии в металле .....	302
<i>Сніжної Г.В., Сажень В.М.</i> Залежність намагніченості аустеніту від концентрації нікелю в литих хромонікелевих сталях .....	304
<i>Жавжаров Є.Л.</i> Модифікація плівок міді нанометрової товщини атомарним воднем .....	304
<i>Нагорна Н.М.</i> Дослідження підходів до вибору блоків керування ключами DC/ DC -перетворювачів .....	306

УДК 629.113

Козырев В.Ф.

канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

*Козырев В.Ф.*

## **ОЦЕНКА НАГРУЖЕННОСТИ ТРАНСМИССИИ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ**

Высокая надежность и долговечность автомобиля основаны на равной прочности и износостойкости отдельных его агрегатов и узлов. Поэтому повышение надежности и ресурса работы отдельных агрегатов и механизмов трансмиссии, особенно грузовых автомобилей, является большой народнохозяйственной задачей, решение которой позволит значительно повысить производительность на автомобильном транспорте. Эта задача особенно актуальна в связи с увеличением мощности, быстроходности и производительности современных и проектируемых автомобилей, а также может быть решена лишь на основе глубокого изучения и установления закономерностей, определяющих действительную нагруженность деталей трансмиссии при движении автомобиля в тех или иных дорожно-климатических условиях.

Однако решение этой задачи сопряжено со значительными трудностями из-за недостаточно обоснованной методики расчета деталей трансмиссии вследствие отсутствия систематизированных сведений по эксплуатационным и экспериментальным наблюдениям об их нагруженности в различных условиях движения автомобиля.

Установлено, что детали трансмиссии могут выходить из строя как от однократного приложения нагрузки, превышающей предел прочности детали, так и от многократного приложения нагрузок, не превышающих предел прочности детали, но вызывающих усталостное разрушение. Следовательно, при проектировании и расчете деталей трансмиссии автомобиля на статическую и усталостную прочность большое значение имеет правильный выбор величин нагрузок в качестве исходных данных.

Выбор для расчета элементов трансмиссии может вестись двумя способами.

Первый способ заключается в том, что определяется процент работы автомобиля на отдельных передачах в различных дорожных условиях (по пути или времени), средняя скорость на различных передачах, средний нагрузочный режим на отдельных передачах и распределение пробега автомобиля по различным дорогам. Затем определяют эквивалентный момент или силу и принимают их в качестве исходных данных для расчетов на усталостную прочность.

Второй способ заключается в определении кривой распределения действующих нагрузок вне зависимости от включенной передачи, но на достаточно длинном участке дороги одного характера.

Выбор расчетных нагрузок для трансмиссии грузовых автомобилей еще усложняется и тем, что каждый автомобиль имеет свою компоновочную схему трансмиссии и свои специфические условия эксплуатации.

Очевидно, что и нагрузки при расчете деталей трансмиссии должны быть выбраны с учетом характерных условий движения автомобиля и его компоновочной схемы.

УДК 629.114.03

Дударенко О.В.

канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

*Дударенко О.В.*

## **МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ТЯГОВО-ШВИДКІСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ АВТОМОБІЛЯ В ДОРОЖНІХ УМОВАХ**

Метою дослідження є експериментальне визначення технічного стану двигуна внутрішнього згорання за показниками потужності, що пропонується визначати за величиною прискорення під час розгону автомобіля. Об'єктом випробувань в даному випадку є процес руху транспортного засобу під час розгону.

Визначення потужності проводиться експериментально з урахуванням передаточного числа трансмісії, ККД трансмісії, радіуса колеса, ваги транспортного засобу та інших.

У якості вимірювального пристрою, під час проведення дорожніх випробувань, використовується вимірювальний комплекс STEVAL-MKI062V, розроблений INEMO на унікальній платформі з найпередовіших інерційних датчиків LIS331DLH. Вони надають повний набір вимірювань завдяки вбудованому акселерометру, гіроскопу, магнітometру, а також датчиків тиску та температури.

УДК 629.113

Щербина А.В.

старш. викл. ЗНТУ

*Щербина А.В.*

## **КЕРОВАНІСТЬ ТА СТІЙКІСТЬ ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛІВ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ СИСТЕМ БЕЗПЕКИ РУХУ**

Як відомо, системи безпеки автомобіля діляться на активні та пасивні. При цьому очевидно, що на керованість і стійкість автомобіля впливає лише система активної безпеки.

Основним призначенням систем активної безпеки автомобіля є запобігання аварійної ситуації. При виникненні такої ситуації система самостійно



(без участі водія) оцінює ймовірну небезпеку та при необхідності запобігає її шляхом активного втручання в процес керування автомобілем.

Застосування систем активної безпеки дозволяє в різних критичних ситуаціях зберігати контроль над автомобілем або, інакше кажучи, зберегти стійкість і керованість автомобіля.

Стойкість – здатність автомобіля зберігати рух по заданій траєкторії, протидіючи силам, які викликають його занос і перекидання в різних дорожніх умовах при високих швидкостях.

Розрізняють наступні види стійкості:

- поперечна при прямолінійному русі (курсова стійкість), її порушення проявляється в ризиканні (зміна напрямку руху) автомобіля по дорозі та може бути викликане дією бічної сили вітру, різними величинами тягових або гальмових сил на колесах лівого або правого боку автомобіля, їх буксуванням або ковзанням, великим люфтом у рульовому керуванні, неправильними кутами установки коліс й т.д.;

- поперечна при криволінійному русі, її порушення приведе до заносу або перекидання під дією відцентрової сили, особливо погіршує стійкість підвищення положення центру мас;

- поздовжня, її порушення проявляється в буксуванні ведучих коліс при подоланні затяжних зледенілих або засніжених підйомів і сповзанні автомобіля назад, особливо це характерно для автопоїздів.

Керованість – здатність автомобіля рухатися в напрямку, заданому водієм. Однією з характеристик керованості є повертаємість – властивість автомобіля змінювати напрямок руху при нерухомому рульовому колесі.

Залежно від зміни радіуса повороту під впливом бічних сил (відцентрової сили на повороті, сили вітру й т.д.) повертаємість може бути:

- недостатньою – автомобіль збільшує радіус повороту;
- нейтральною – радіус повороту не змінюється;
- надлишковою – радіус повороту зменшується.

УДК 621.891

Кубіч В.І.

канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

*Кубіч В.І.*

## **ФОРМУВАННЯ ВТОРИННОГО МАСТИЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ В УМОВАХ ГРАНИЧНОГО ТЕРТЯ**

В умовах граничного мащення поверхонь тертя механічне, теплове, хімічне поля взаємодії, які регенеруються в місцях локального контакту (за площею, точковий, лінійний) можуть привести до перебудови структури змащувальних шарів. Ця перебудова при однозначному насиченні продукта-

ми зношування матеріалів поверхонь, які при цьому контактують, приведе до зміни первинних властивостей мастильного матеріалу, наприклад, в'язкості. В процесі такого структуроутворення можливо побудування мастильного матеріалу з властивостями, відмінними від первинних, тобто вторинного мастильного матеріалу, який також може забезпечувати захисні функції, сприяючи тим самим протіканню нормального тертя. Раніше виявлено факт утворення вторинного мастильного матеріалу як продукту взаємодії мастила з компонентами металів при їх терті, і при цьому спостерігалось нормальне тертя, а ініціація процесу структуроутворення обумовлювалася ступенем поверхневої активності металів пар тертя, то продовження досліджень в цьому напрямі представляє певний науковий інтерес.

Виходячи з викладеного, першочерговим науковим завданням є оцінка впливу мікрокапілярної мережі внутрішньої поверхні конструкційних металів на:

- формування граничних мастильних шарів;
- можливість формування граничних плівок на мікропрофілі контактних зон з різною шорсткістю в умовах виходу в зону тертя накопиченої маси мастильного матеріалу (моделювання мастильного голодування при аварійних режимах роботи вузлів тертя) при примусовому витиранні поверхонь;
- підвищення ефективності структурної пристосовуваності до умов тертя контактних зон на основі ефекту попереднього пластифікування за рахунок накопичення в капілярній мережі продуктів мастильного середовища, подальшого їх виходу до зони тертя, виводу їх із зони тертя і наступного введення первинного мастильного матеріалу.

Для вирішення позначеного завдання пропонується застосувати наступну методику досліджень:

- випробування в умовах мащення з метою насичення внутрішньої поверхні компонентами мастильного середовища;
- витирання надлишків з поверхонь, які контактують, без пошкодження шарів, що сформувалися під час припрацювання;
- випробування із мастильним матеріалом на внутрішній поверхні при ступінчастому навантаженні з метою ініціації зміцнення завдяки пластичної деформації;
- очищення поверхонь тертя від продуктів взаємодії;
- подача первинного мастильного матеріалу, контроль триботехнічних параметрів контактної взаємодії;
- контроль твердості поверхні на кожному етапі випробувань.

При цьому розглядається можливість щодо створювання вузлів тертя, в яких мащення контактних поверхонь при граничному терті в процесі експлуатації може обумовлюватися вторинним мастильним матеріалом без підживлення компонентами первинним.

## ОЦІНКА ВПЛИВУ РЕЖИМУ КОЧЕННЯ КОЛІСНОГО РУШІЯ НА КОЕФІЦІЄНТ ЙОГО КОРИСНОЇ ДІЇ

Для впровадження сучасних систем активних трансмісій автотранспортних засобів різного призначення важлива потенційна оцінка їх ефективності. В зв'язку з цим вирішується задача оцінки режимів роботи колісного рушія багато приводного транспортного засобу, в тому числі і із застосуванням декількох різнорідних джерел енергії на його обслугову.

Витрати енергії в рушії внаслідок різних факторів визначаються його коефіцієнтом корисної дії

$$\eta_{кр} = N_{ВІХ КР} / N_{ВХ КР}.$$

Тягові сили на окремих колесах рушія на різних експлуатаційних режимах можуть змінюватись як по величині, так і по знаку, приймаючи негативні значення. Корисна потужність рушія визначається сумарною тяговою силою окремих його коліс та швидкістю рухання автомобіля по залежності

$$N_{ВІХ КР} = V \sum_{i=1}^n P_{TI}.$$

Тягові сили окремих коліс визначаються їх питомими значеннями надлишкових сил по залежності

$$\Phi_{TI} = (K_{II} \Phi_{x \max} - f_{ci}) s_i \theta \alpha_i s_i,$$

в якій враховуються характеристики зчіпних властивостей протектора шин  $K_{II}$  і його матеріалу  $\Phi_{x \max}$  з опорною поверхнею, витрат на опір коченню коліс деформації шини і опорної поверхні  $f_{ci} = f_{cui} = f_{oni}$ , витрат на прослизання коліс  $s_i, \alpha_i$ , та навантаженням їх від повної маси  $R_{Zi}$ .

Підсумкова залежність для визначення коефіцієнта корисної дії колісного рушія має вид

$$\eta_{кр} = V G_{CK} \left( \sum_{i=1}^n \gamma_i (K_{II} \Phi_{x \max} - f_{ci}) s_i \theta \alpha_i s_i \right) / N_{д\Sigma}.$$

Новизною проведеного дослідження є розроблені математичні залежності, які дозволяють в процесі проектування визначати показники енергоефек-

тивності автотранспортних засобів, з урахуванням перерозподілу потоків потужності до окремих коліс чи їх груп.

Результати роботи можуть бути рекомендовані для обґрунтування техніко-експлуатаційних вимог до повнопривідних автомобілів багатоцільового призначення та автомобілів, на яких застосовуються декілька джерел енергії або різнотипних рушіїв підприємствам-розробникам і виробникам, експлуатаційним організаціям таких автотранспортних засобів, а також в навчальному процесі вищих навчальних закладів автомобільного профілю.

УДК 629.114.03

Сосик А.Ю.

канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

*Сосик А.Ю.*

## **МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ТЯГОВО-ШВИДКІСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ АВТОМОБІЛЯ В ЛАБОРАТОРНИХ УМОВАХ**

В умовах впровадження автоматичних систем керування двигуном внутрішнього згорання виникла необхідність проведення комплексної діагностики технічного стану ДВЗ автомобіля.

Автоматична система керування ДВЗ забезпечує під час роботи максимальний показник величини обертового моменту на колінчастому валу. В багаточиліндрових дизелях з системою керування «Common rail» контролюється величина прискорення колінчастого валу та її корегування до середнього значення за усіма циліндрами.

Аналіз літературних джерел показав, що найбільш доцільним є визначення колісної потужності на навантажувальному стенді в лабораторних умовах. Під час визначення типу навантажувального пристрою враховуються наступні характеристики: інтервал вимірювальної потужності, швидкості руху, часу вимірювань.

Проведене конструкторське обґрунтування довело доцільність використання електромагнітного навантажувального пристрою з консольним закріпленням обертової частини та вимірюванням реактивного моменту.

УДК 629.114.42

Литвиненко Д.С.<sup>1</sup>, Писаревский В.И.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> студ. гр. Т-119 ЗНТУ

<sup>2</sup> старш. преп. ЗНТУ

*Литвиненко Д.С., Писаревский В.И.*

## **КЛАПАН-АВТОМАТ ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ СКОРОСТИ ОПУСКАНИЯ ПЛАТФОРМЫ АВТОМОБИЛЯ-САМОСВАЛА**

Для перевозки грузов наибольшее применение получили специализированные автотранспортные средства – автомобили-самосвалы и самосвальные

автопоезда с принудительным подъемом кузова гидравлическими подъемными механизмами.

Гидравлические подъемные механизмы наиболее надежны, так как предохраняют трущиеся детали от изнашивания и частой поломки, но при опускании платформы возникают значительные нагрузки на подъемный механизм из-за нестабильности скорости опускания. При этом возможны три скоростных режима опускания платформы:

- нормальный (платформа полностью разгружена);
- частично разгруженная платформа (порциальная разгрузка);
- аварийная (при аварийном разрушении шланга высокого давления).

С целью стабилизации скорости опускания платформы на корпус телескопического гидроцилиндра устанавливают клапан-автомат следящего действия.

После разгрузки платформы гидрораспределитель переводится в положение «Опускание», т.е. давление в шланге высокого давления падает, но так как платформа продолжает, хотя и с меньшим усилием, давить на плунжер гидроцилиндра, то клапан-автомат отсекает гидроцилиндр от шланга высокого давления и при этом обеспечивается нормальная скорость опускания платформы.

При опускании частично груженной платформы давление в гидроцилиндре по мере перехода от меньшего к большему его плунжером снижается и в определенный момент торможение опускания платформы прекращается.

При возможном аварийном падении платформы, связанном с разрушением шланга высокого давления избыточное давление внутри клапана становится равным нулю и мгновенно перекрывается магистраль нагнетания, и, следовательно, жидкость из силового цилиндра может стравливаться только через дроссельное отверстие клапана. Скорость опускания платформы будет минимальной.

Таким образом, клапан-автомат обеспечивает стабилизацию скорости опускания платформы при различных эксплуатационных ситуациях и исключает поломку механизма подъема платформы.

УДК 629.114

Максименко В.Р.<sup>1</sup>, Сосик А.Ю.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> студ. гр. Т-129 ЗНТУ

<sup>2</sup> канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

*Максименко В.Р., Сосик А.Ю.*

### **ШЛЯХИ ЗМЕНШЕННЯ ТРИВАЛОСТІ СПРАЦЬОВУВАННЯ ГАЛЬМІВНОЇ СИСТЕМИ З ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИМ ТИПОМ ПРИВОДУ**

Гальмівні властивості автомобіля регламентовані Правилами №13 Комітету по внутрішньому транспорту Європейської Економічної Комісії Організації Об'єднаних Націй, а також національними стандартами. Національний

стандарт передбачає відповідність нового або переобладнаного автомобіля вимогам ДСТУ UN/ECE R13-09:2002 «Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження дорожніх транспортних засобів категорій М, N і O стосовно гальмування».

Одним з найважливіших нормативних показників, що визначає ефективність роботи системи гальмування є час спрацювання гальмівної системи. Зменшенню величини тривалості спрацювання приділяється багато уваги в сучасному автомобілебудуванні. Прикладами таких дій є запровадження електрогідравлічного та електромеханічного приводу гальмівної системи де застосовуються різноманітні додаткові опції автоматичного керування: EBS (Electronic Braking System), EBV (Elektronische Bremskraftverteilung), PBA (Predictive Brake Assist) та інші.

Мета роботи – зменшити тривалість спрацювання приводу гальмівної системи автомобіля під час екстреного гальмування за рахунок впровадження автоматичної адаптивної системи.

УДК 629.013.001.57

Михайлов О.С.<sup>1</sup>, Слюсаров О.С.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> студ. гр. Т-129 ЗНТУ

<sup>2</sup> канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

*Михайлов О.С., Слюсаров О.С*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ГІБРИДНОЇ СИЛОВОЇ УСТАНОВКИ АВТОМОБІЛЯ МАЛОГО КЛАСУ**

Для дослідження гібридної силової установки на базі автомобіля малого класу проведений розрахунок її макетного зразку, теоретичні розрахунки для визначення необхідної потужності електродвигуна та передаточного числа трансмісії.

Наступним етапом роботи є створення фізичної моделі для дослідження впливу на тягово-динамічні властивості автомобіля з ГСУ режимів кочення коліс, розподілу потужності по колесам.

Дослідження передбачає розробку математичної моделі експерименту з урахуванням всіх параметрів, які можуть впливати на експлуатаційні властивості автомобіля.

Математична модель забезпечує проведення аналізу експерименту з дотриманням оптимального діапазону зміни фізичних параметрів, які впливають на об'єкт дослідження, та дає змогу проводити вивчення впливу основних факторів на процес витрат енергії на рух в різних режимах.

Під час розробки ГСУ виробники намагаються підняти ККД установки за рахунок підвищення потужності електропривода. Однак питанню розподілення потужності між джерелами енергії приділяється недостатньо уваги.

Для досягнення поставленої мети вирішуються задачі:

- аналізу впливу конструктивних особливостей на ефективність ГСУ;
- оцінки факторів показники, яких найбільше впливають на ефективність ГСУ;
- порівняння отриманих результатів і попередніх досліджень в даній галузі.

Фізична модель складається з електродвигуна, шасі, пристрою для зміни навантаження коліс, контрольно-вимірювального приладу. Вагові параметри моделі і потужність приводу визначались із умов моделювання для основного варіанта. Застосовується електродвигун постійного струму змішаного збудження. Електропривод, вмикається за допомогою електромагнітного тягового реле, встановленого на корпусі двигуна. Номінальна потужність складає 15 кВт, при номінальній напрузі бортового джерела живлення 12 В. Шасі, на якому закріплюються головні елементи моделі, складає основу моделі. Зміна навантаження на колеса моделі забезпечується, перемінною базою і можливістю регулювання відносного положення окремих її частин.

Моделю забезпечує можливість створення різних режимів руху моделі за рахунок регулювання співвідношень потужностей двигунів та гальмівних моментів основних і допоміжних коліс.

Дослідження розподілу потужностей забезпечить підвищення загально-го ККД автомобіля без істотних матеріальних затрат.

681.518.5:629.33

Раевский С.В.<sup>1</sup>, Брылев В.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> студ. гр. Т-129 ЗНТУ

<sup>2</sup> канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

*Раевский С.В., Брылев В.В.*

## **ВЛИЯНИЕ УГЛОВОЙ ЖОСТКОСТИ ПОДВЕСКИ НА УПРАВЛЯЕМОСТЬ И УСТОЙЧИВОСТЬ АВТОМОБИЛЯ**

При изучении движения автомобилей наиболее сложными вопросами являются управляемость и устойчивость. С каждым годом возрастает количество скоростных автомобилей, для которых эти вопросы имеют первостепенное значение, так как они связаны с безопасностью движения, на что с увеличением скорости должно быть обращено особенно большое внимание. Устойчивость автомобиля называется совокупность его качеств, обеспечивающих движение в требуемом направлении без бокового скольжения (заноса) или опрокидывания. Одним из важнейших элементов устойчивости автомобиля является его управляемость, т.е. качество, обеспечивающее движение в направлении, заданном водителем. Оба эти качества связаны между собой,

так как плохая управляемость автомобиля приводит к потере устойчивости и заносу автомобиля.

Весьма существенное и многообразное влияние на устойчивость и управляемость оказывает подвеска, в частности, ее кинематическая схема, определяющая характер взаимных перемещений колес и кузова. Под воздействием на автомобиль боковой силы, например, на повороте, кузов получает больший крен – чем выше расположен центр масс неподрессоренных частей автомобиля и чем меньше угловая жесткость подвески, тем больший крен. Угловой жесткостью подвески называют отношение момента, вызывающего крен поддрессоренной массы к углу крена. С изменением угловой жесткости изменяется перераспределение вертикальных сил на переднюю и заднюю ось, поэтому соотношение угловой жесткости должно быть выбрано таким образом, что бы автомобиль общего назначения при любых отклонениях его эксплуатационных параметров обладал поворачиваемостью, не выходящей за пределы недостаточной.

Ежегодное увеличение численности и скоростных возможностей автомобильной техники требует постоянного совершенствования ее активной безопасности и, в частности, управляемости и устойчивости. Приемлемый уровень свойств современного автомобиля обеспечивается за счет поиска компромисса, позволяющего удовлетворить различным и противоречивым требованиям.

Исследованию влияния различных конструктивных параметров на управляемость и устойчивость посвящено много трудов, однако влияние такого фактора, как угловая жесткость подвески автомобиля исследовано пока еще недостаточно. Исходя из указанного, целью работы является исследование влияния угловой жесткости подвески автомобиля на его управляемость и устойчивость.

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

- провести анализ влияния конструктивных особенностей подвески автомобиля и её элементов на управляемость и устойчивость;
- провести анализ угловой жесткости подвески на управляемость и устойчивость автомобиля;
- проанализировать показатели, которые определяют управляемость и устойчивость;
- раскрыть понятия избыточной, нейтральной и недостаточной поворачиваемости и проанализировать их связь с угловой жесткостью подвески и сделать соответствующие выводы.

На основании поставленной цели формулируем рабочую гипотезу: «С увеличением коэффициента угловой жесткости подвески значительно улучшается устойчивость и управляемость автомобиля».



Исследование угловой жесткости подвески позволит тщательнее подойти к вопросам управляемости и устойчивости автомобиля не только в выборе кинематической схемы подвески, но и при его конструировании в целом.

УДК 629.013

Салимоненко С.В.<sup>1</sup>, Дударенко О.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> студ. гр. Т-129 ЗНТУ

<sup>2</sup> канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

*Салимоненко С.В., Дударенко О.В.*

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ УСЛОВИЙ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОГО ПРОИСШЕСТВИЯ ПРИ ФРОНТАЛЬНОМ СТОЛКНОВЕНИИ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА И ПЕШЕХОДА**

Моделирование столкновений между пешеходом и автомобилем значительно отличается от реконструкции столкновения между двумя автомобилями. Большая разница в весе и скорости движения транспортного средства и пешехода определяют его траекторию движения. Движение пешехода после столкновения наиболее часто составляет воздушную траекторию, за которой следует удар о землю, переворот или скольжение. Скорость и конструктивные параметры автомобиля влияют в значительной степени на природу послеударного поведения пешехода.

Удары между автомобилем и пешеходом часто различают согласно типу контактного взаимодействия:

- передний отбрасывающий;
- обхватывающий;
- перекидывающий с переносом через крышу;
- боковой.

Динамика взаимодействия автомобиль – пешеход нацелена, в основном, на определение детального взаимодействия сил и движений между автомобилем и пешеходом для того, чтобы оценить степень тяжести травм или степень повреждения автомобиля. Этот анализ выполняется, используя относительно сложный математический аппарат.

Определение скорости – это главная цель, которая ставится в данной работе. Существует несколько методов.

Первый метод – использование эмпирических выражений, полученных из экспериментальных данных ДТП.

Второй метод – использование уравнений, полученных из принципов механики.

Третий метод – комплексный подход, совмещающий в себе два первых метода.

Каждый из подходов моделирования имеет как преимущества, так и недостатки.

За последние годы появилось очень большое количество работ, связанных с ДТП при участии пешехода. События, которые происходят до момента столкновения, также немаловажны. Во множестве случаев необходимо принимать во внимание факторы, такие как видимость, невнимательность водителя, направление и скорость пешехода (или велосипедиста, животного и т.д.) Эти аспекты моделирования учитываются неявно. При этом результат исследования должен быть достаточно объективным.

681.518.5:629.33

Василенко Р.В.<sup>1</sup>, Козырев В.Ф.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> студ. гр. Т-129 ЗНТУ

<sup>2</sup> канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

*Василенко Р.В., Козырев В.Ф.*

## **ПЕРЕОБОРУДОВАНИЕ АВТОМОБИЛЯ ТАТА XENON ПОД АВТОМОБИЛЬ СКОРОЙ ПОМОЩИ**

Программа реформирования медицинского обслуживания в Украине включает потребность в обновлении парка подвижного состава, который будет обеспечивать высокие эксплуатационные показатели.

Условиями эксплуатации подвижного состава предусмотрено: кругло-суточный график работы на линии, сложный профиль дорожного покрытия, малый коэффициент использования грузоподъемности.

В связи с этим возникает необходимость проведения работ, связанных с оптимальным выбором конструктивных параметров подвески медицинского автомобиля, с целью повышения показателей плавности хода, управляемости и устойчивости. Решение данной задачи лежит в плоскости применения комбинированной подвески, включающей в себя упругий элемент, рессору и пневматический баллон.

УДК 004.942:656.02

Кузькін О.Ф.

канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

*Кузькін О.Ф.*

## ТОПОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ МАРШРУТНИХ МЕРЕЖ МІСЬКОГО ТРАНСПОРТУ ЗАГАЛЬНОГО КОРИСТУВАННЯ ВЕЛИКИХ МІСТ УКРАЇНИ

Маршрутний пасажирський транспорт загального користування відіграє важливу роль у життєзабезпеченні сучасного великого міста. Якість надання транспортних послуг пасажиром міським громадським транспортом визначається рівнем розвитку його маршрутної мережі. Рівень розвитку маршрутної мережі, у свою чергу, визначається її просторовими і топологічними характеристиками.

ДБН 360-92\*\* відносить до групи крупних міст з чисельністю населення від 0,5 до 1,0 млн. мешканців. Для аналізу було обрано маршрутні мережі чотирьох крупних міст України, які не мають ліній метрополітену – Запоріжжя, Кривого Рога, Львова, Одеси.

З точки зору теорії складних мереж, мережі міського транспорту відносяться до технологічних мереж. У цій мережі переміщуються потоки маршрутного рухомого складу і пов'язані з ними потоки пасажирів. Будь-яку мережу зручно представляти у вигляді графа. Граф міської маршрутної мережі транспорту загального користування можна представити декількома способами, які називаються просторами:

а) **простір зупинок** ( $L$  –простір) є простим графом, вершинами якого є *зупинки* міського транспорту. Ребро між парою вершин існує у тому випадку, коли відповідні зупинки послідовно розташовані хоча б на одному з маршрутів. Якщо таких маршрутів декілька, тоді можна побудувати мультиграф, кратність ребер якого відповідає кількості маршрутів, на яких ці зупинки є послідовними –  $L'$  –простір;

б) **простір пересаджень** ( $P$  –простір) – простий граф, вершинами якого є *зупинки* міського транспорту. Вершини зв'язуються ребром у тому випадку, коли відстань між відповідними зупинками можна подолати без зміни маршруту, тобто, без пересадження. Введенням кратних ребер, що відповідають кількості безпересадочних маршрутів між відповідними зупинками, отримуємо мультиграф, який називається  $P'$  –простором;

в) **простір маршрутів** ( $C$  –простір) є простим графом, вершинами якого є *маршрути* міського транспорту. Вершини графа з'єднує ребро, якщо відповідні маршрути мають бодай одну спільну зупинку. Мультиграф, крат-

ність ребер якого є кількістю спільних зупинок на маршрутах приводить до представлення мережі у  $C'$  – просторі.

Основними характеристиками складних мереж є: середня степінь вершини мережі  $\langle k \rangle$  та її розподіл, середня  $\langle l \rangle$  та максимальна  $l_{\max}$  довжина найкоротшого шляху на мережі, кластерний коефіцієнт  $C$  і коефіцієнт асоративності  $r$ . Відповідні показники були розраховані для маршрутних мереж, представлених у зазначених вище просторах досліджуваних міст. Результати розрахунку наведені у таблиці 1.

**Таблиця 1** – Статистичні характеристики досліджуваних мереж

Характеристика	Значення для маршрутної мережі міст			
	Запоріжжя	Кривий Ріг	Львів	Одеса
$\langle k_L \rangle$	2,303	2,322	2,772	3,127
$\langle k_{L'} \rangle$	24,90	16,74	13,28	15,88
$\langle k_P \rangle$	73,31	92,41	58,25	46,48
$\langle k_{P'} \rangle$	185,92	777,40	133,60	123,11
$\langle k_C \rangle$	58,70	53,26	57,10	52,25
$\langle k_{C'} \rangle$	353,32	1238,5	238,95	169,66
$\langle l_L \rangle$	18,23	19,43	7,92	7,87
$l_{\max L}$	47	69	21	25
$\langle l_P \rangle$	2,00	1,92	1,90	1,74
$l_{\max P}$	4	4	4	4
$\langle l_C \rangle$	1,50	1,54	1,42	1,45
$l_{\max C}$	3	5	3	3
$C_L$	0,0196	0,0530	0,0892	0,1224
$C_P$	0,7617	0,7653	0,7422	0,7315
$C_C$	0,8023	0,7974	0,7768	0,7782
$r_L$	0,1342	0,1543	0,1511	0,2954
$r_P$	-0,0346	-0,0776	0,0566	-0,1253
$r_C$	0,0467	0,1206	0,0063	-0,0897

Аналіз розрахованих характеристик мереж показує, що міські маршрутні мережі досліджуваних крупних міст у розглянутих просторах посідають проміжне місце між випадковими і регулярними графами.

## **АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ ОЦІНКИ РІВНЯ ШКІДЛИВИХ ВИКИДІВ У ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗАХ АВТОМОБІЛЬНИХ ДВИГУНІВ**

За останні роки все більший неспокій у всесвітнього співтовариства викликають екологічні проблеми, пов'язані з значним зростанням автомобільного парку. За різними джерелами «внесок» автотранспорту в забруднення атмосферного повітря міст-мегаполісів складає 60–80% від загального отруйного фону.

У боротьбі за чисте повітря можна виділити дві основні групи заходів: конструктивні і контролюючі. Найбільш ефективними серед конструктивних заходів слід вважати масове впровадження електроніки у процес спалювання вуглеводного палива, використання газового і біопалива, збільшення випуску гібридних і електромобілів. У середньо-довгій перспективі – використання водню.

Щодо другої групи заходів, то їх можна поділити на три групи:

- безпосереднє (інструментальне) вимірювання шкідливих викидів;
- безперервний (фоновий) моніторинг стану атмосфери;
- опосередкований розрахунок кількості викидів по витраті палива.

Перший метод є достатньо точним, але він має дискретний характер, коли інструментальне вимірювання виконується вибірково органами контролю, або на СТО.

Безперервний (фоновий) моніторинг санітарно-захищеної зони пов'язаний з застосуванням дорожньої апаратури стаціонарного пункту – газоаналізаторів, пилоаналізаторів, станції збору, обробки і передачі даних на центральний сервер. До того ж внаслідок аерації повітря на напружених перехрестях і магістралях похибка вимірювань може перевищувати 25%.

Третій (розрахунковий) метод є більш теоретичним і теж не претендує на високу точність. Але він враховує фактичну інтенсивність руху автомобілів і при застосуванні сучасної цифрової відеоапаратури дозволяє ранжувати автомобілі у потоці за типом (бензинові, дизельні, газові) з подальшою комп'ютерною обробкою. Для розрахунку теоретичної витрати палива використовуються рівняння регресії, а кількість шкідливих викидів – коефіцієнти емісії. В розрахунках враховуються режими роботи світлофорів, наявність і довжина черги в очікуванні дозволяючого сигналу.

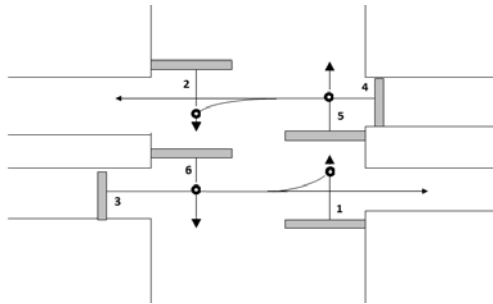
В якості оптимального можна вважати поєднання другого і третього методів з порівнянням одержаних результатів з гранично – допустимими концентраціями (ГДК) шкідливих викидів, встановлених санітарними вимогами до атмосферного повітря, Держстандартами України і діючими на цей час Правилами (Євро) СЕК ООН.

**ВИЗНАЧЕННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВВЕДЕННЯ ДОДАТКОВИХ СТОП-ЛІНІЙ НА РЕГУЛЬОВАНИХ ПЕРЕХРЕСТЯХ**

З точки зору принципу конфігурації перехрестя з рознесеними стоп-лініями можна поділити на 2 групи:

- з синхронним відпрацюванням циклограм сигнальними групами в перерізах рознесених стоп-ліній;
- із затримкою зеленого сигналу на вихідних стоп-лініях.
- з іншими схемами регулювання (наприклад, затримками в одному з напрямів).

Для гарантування відсутності залишкової черги необхідно, аби транспортні засоби першого та другого напрямків не зупинялися перед стоп-лініями напрямів 5 та 6, а значить проїздили перехрестя повністю (рис. 1).



**Рисунок 1** – Схема для визначення відстаней до дальніх конфліктних точок

Віднесення перехрестя до однієї з груп за режимом роботи напрямків регулювання входних і додаткових стоп-ліній слід виконувати в тому числі із урахуванням розміщення черги транспортних засобів перед додатковими стоп-лініями.

У випадку повністю насиченої фази транспортні засоби проїждять переріз стоп-ліній з інтенсивністю, що дорівнює потоку насичення під'їзду до перехрестя.

Оскільки черга перед додатковою стоп-лінією формується з числа транспортних засобів, що проїхали входну на дозволяючий сигнал та зупинилися перед додатковою на заборонний, то її довжина  $l_q$  становитиме:

$$l_q = \frac{\frac{B}{V} \sum_{j=1}^k M_j - \Delta t \sum_{o=1} M_p}{3600 p} \sum_{i=1}^n \frac{\alpha_i (l_{\alpha i} + \Delta l)}{k_{i-36}}$$

де  $B$  – відстань між вхідною та вихідною стоп-лініями, м;  $V$  – швидкість руху 85-% забезпечення за вхідним напрямом, м/с;  $M_j$  – потік насичення  $j$ -ої смуги на під'їзді, од./год.;  $M_p$  – потік насичення  $p$ -ої смуги на виїзді, од./год.;  $n, k$  – кількість смуг на виїзді та в'їзді відповідно;  $\Delta t$  – зсув між вимкненням дозволяючи сигналів світлофорів за вхідним та додатковим напрямом регулювання, с;  $\alpha_i$  – частка в потоці транспортних засобів  $i$ -го типу;  $k_{i-36}$  – коефіцієнт зведення транспортного засобу до легкового автомобіля;  $l_{\alpha i}$  – габаритна довжина автомобіля  $i$ -го типу, м;  $\Delta l$  – мінімальна дистанція між автомобілями, що зупинилися один за одним, м.

Фактична довжина ділянки проїзної частини, на якій буде розташовуватись черга, повинна перевищувати розрахункове значення довжини черги.

УДК 656.2

Турпак С.М.

канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

*Турпак С.М.*

## **ВИЗНАЧЕННЯ ЛОГІСТИЧНОГО КРИТЕРІЮ ОПТИМІЗАЦІЇ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ МЕТАЛУРГІЙНОГО ПІДПРИЄМСТВА**

Транспортні системи металургійних підприємств є складними системами. Вони складаються з підсистем, найбільш крупною з яких, зазвичай, є підсистема залізничного транспорту. Ця підсистема постійно еволюціонує, її розвиток пов'язаний з удосконаленням технології виробництва та відповідною зміною логістичних ланцюгів постачань сировини та збуту готової продукції. Крім того, на розвиток залізничного транспорту підприємства впливають зовнішні системи – транспортні системи міста, залізничного магістрального, водного, автомобільного транспорту та ін.

Підсистема залізничного транспорту нестационарна, параметри її роботи постійно змінюються, процес управління потребує постійного розв'язання низки задач для забезпечення технології виробництва та прискорення доставки вантажів при мінімізації загальних витрат на перевезення, складування, вантажні операції та ін.

Оптимізація роботи залізничного транспорту металургійного підприємства є багатокритеріальною задачею. Її розв'язання можна виконувати шляхом виділення локальних, більш простих задач, для вирішення яких вже сфо-

рмований певний науковий підхід та відомий практичний досвід реалізації в реальних умовах.

Але поєднання можливих локальних рішень ускладнено тим, що цільові функції окремих задач можуть конфліктувати між собою. Поняття оптимізації полягає у пошуку рішення, за якого значення цільових функцій прийнятні для постановника завдання.

Рішення задачі багатокритеріальної оптимізації залізничного транспорту промислового підприємства повинне відбуватись за участю групи експертів, які вибирають й приймають рішення на основі інформації, представленою системою підтримки прийняття рішень. Критерієм для оптимізації параметрів транспортної системи може бути логістичний критерій, який об'єднає локальні критерії окремих задач на усьому логістичному ланцюгу.

Для перевірки результатів оптимізації може бути використана імітаційна модель транспортної системи. Вона дозволить більш зважено прийняти те чи інше рішення, виявити скриті проблеми, які були не помічені експертами. По суті, такий метод оптимізації є інтерактивним.

За ознакою відмінності оптимізаційних задач необхідно виділити наступні підсистеми залізничного транспорту промислового підприємства:

- підсистема зовнішніх перевезень;
- підсистема внутрішньозаводських перевезень.

Вищезазначені підсистеми можна розділити на підсистеми більш низького рангу:

а) зовнішніх перевезень – на системи перевезень між підприємствами за участю магістрального транспорту та без нього;

б) внутрішньозаводських перевезень – на системи технологічних перевезень (за жорстко регламентованим режимом, наприклад, перевезення гарячого агломерату, рідкого чавуну); системи перевезень за контактними графіками та системою міжцехових перевезень по заявках цехів.

УДК 656

Райда І.М.

старш. викл. ЗНТУ

*Райда І.М.*

## **ФОРМАЛІЗАЦІЯ ПОНЯТТЯ «АВТОМОБІЛЬНОГО ПОЛЯ»**

Рішення, які приймає водій під час керування автомобілем, безумовно залежать від взаємного розташування об'єктів на дорозі, яке постійно змінюється під час руху. Відстань між об'єктами, швидкість та напрямок руху рухомих об'єктів стають основними факторами, які впливають на рішення водія, а, відповідно, на характер подальшого руху транспортного засобу. В цьому можна побачити взаємодію між об'єктами на дорозі через сприйняття водієм транспортних засобів. І, якщо розглядати водія та автомобіль, як цільну систему «водій-автомобіль» (ВА), то отримуємо рух дорогою багатьох систем ВА, безумовно взаємодіючих одна з одною. Саме ця взаємодія, її ха-



ракти та параметри можуть залежати від «автомобільних полів» або навіть ними визначатися.

Отже, маємо основну гіпотезу – автомобільне поле – це певна площа навколо системи ВА, яка формується водієм у площині проїжджої частини дороги та впливає через водія на рух автомобіля.

Як було сказано раніше, автомобільне поле «працює» з підсистемою «водій-автомобіль». Це означає, що кожна одиниця ВА в транспортному потоці має своє окреме автомобільне поле і рухається в певній залежності від цього поля, його окремих параметрів. Водій керує автомобілем, вибираючи траєкторію та режими руху в залежності від дорожньої ситуації. Автомобільне поле, вочевидь, є узагальнюючою складовою всіх елементів цієї дорожньої ситуації, що складається через сприйняття водія. Тому при пошуку та визначенні основних параметрів автомобільного поля потрібно виходити від підсистеми ВА та її керуючої ланки – водія.

Першим параметром бачиться розмір автомобільного поля. Для того, щоб отримати представлення про можливі розміри автомобільних полів та механізм їх зміни (якщо така відбувається), потрібно розглянути механізм виникнення автомобільного поля.

Автомобільне поле з'являється вже перед початком руху, коли водій оцінює дорожню ситуацію з точки зору можливості розпочати рух, враховуючи при цьому відстані до різних об'єктів на дорозі, тобто фактичні розміри поля взаємодії його ВА. Основною складовою для визначення подальшого напрямку руху транспортного засобу стає зір водія. Саме через нього водій сприймає дорожню ситуацію. Логічно припустити, що й автомобільне поле буде формуватися через зорове сприйняття водія. Отже, межі автомобільного поля можуть формуватися через зір водія, а точніше через відстань видимості.

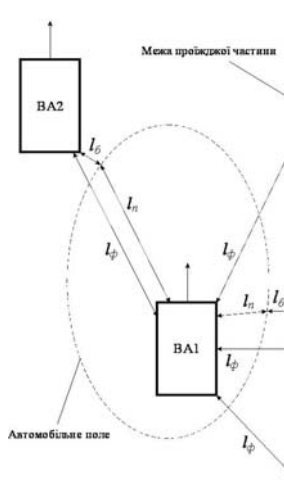


Рисунок 1 – Формування автомобільного поля

Автомобільне поле проявляє свій вплив на ВА через сприйняття водієм дорожньої ситуації і викликає потребу в зміні траєкторії чи режимів руху (уповільнення, прискорення). Можна припустити, що поле з'являється та набуває певних розмірів, коли рух ВА стає залежним від дорожньої ситуації, стає не вільним в межах проїжджої частини. Тоді існує певна відстань  $l_n$  від автомобіля до умовної межі автомобільного поля, на границі якого існують процеси, що впливають на рішення водія щодо керування транспортним засобом. Такими процесами практично стають всі елементи дорожнього руху від розташування бордюру проїжджої частини до інших транспортних засобів чи дорожніх елементів, які рухаються чи, навіть, знаходяться поряд з проїжджою частиною. Звісно, що до таких процесів слід включити й складові управління дорожнім рухом.

Існує також фактична відстань від автомобіля до об'єктів на дорозі  $l_\phi$ . Вона завжди лежить в межах відстані видимості. Під час руху об'єкти на дорозі зближуються один з одним та віддаляються один від одного. При цьому в нормальних умовах руху їх контакт відсутній, а отже існує третя відстань – відстань безпеки  $l_\sigma$ , яка визначається водієм окремо для кожного випадку взаємодії. Таким чином, отримуємо систему формування автомобільного поля, яка наведена на рисунку 1.

На основі всього, про що було згадано вище, та на основі системи на рисунку 1 можливо зробити наступні висновки:

- розміри автомобільного поля залежать від дорожньої ситуації (можливість маневрувати, зайнятість смуг дороги) через сприйняття водія;
- поле «з'являється» коли водій сприймає  $l_\phi$  як стимул до зміни режиму або траєкторії руху.

УДК 656.1

Тарасенко О.В.

старш. викл. ЗНТУ

*Тарасенко О.В.*

## **ТОПОГРАФІЧНИЙ АНАЛІЗ ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНИХ ПРИГОД НА АВТОМОБІЛЬНІЙ ДОРОЗІ М-18 В МЕЖАХ ЗАПОРІЗЬКОЇ ОБЛАСТІ**

Визначення небезпечних для руху ділянок доріг, які вимагають першочергового проведення заходів, спрямованих на забезпечення безпеки дорожнього руху, являє собою одне з найважливіших завдань, спрямованих на підвищення безпеки руху транспортних засобів на автомобільних дорогах.

Дорожні організації повинні враховувати усі ДТП, що виникли на ділянці дороги (вулиці), яка знаходиться під їхнім наглядом і обслуговуванням. Такий облік дозволяє отримати дані для складання графіків з нанесенням на

них небезпечних ділянок і здійснення необхідних заходів щодо попередження пригод.

Аналіз ДТП полягає у виявленні причин їх виникнення. Відповідно до цілей і завдань аналізу розрізняють три його основні методи:

- а) кількісний аналіз ДТП;
- б) якісний аналіз ДТП;
- в) топографічний аналіз ДТП.

Кількісний аналіз характеризує рівень аварійності на місці (перехрестя, магістраль, місто, регіон, країна) і за терміном, протягом якого відбуваються пригоди (година, день, тиждень, місяць, рік).

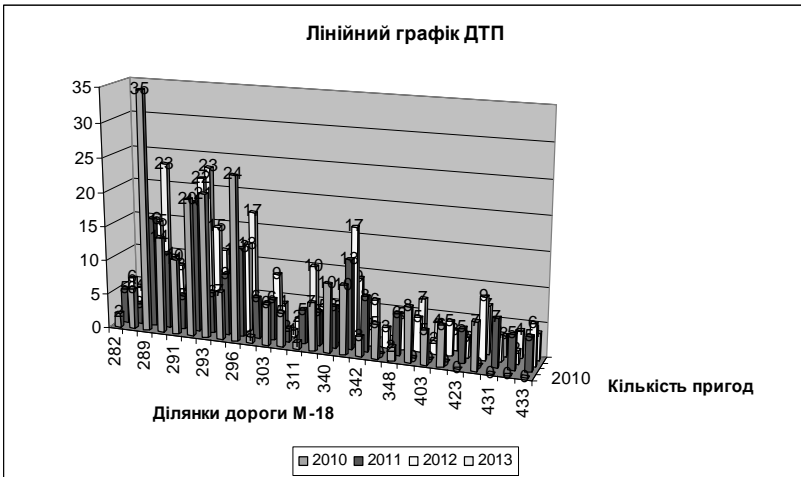
Якісний аналіз дорожньо-транспортних пригод служить для встановлення причин і факторів їх виникнення, а також ступеня впливу останніх на ДТП. Цей аналіз дозволяє виявити причини і фактори виникнення ДТП по кожному із складових системи «водій – автомобіль – дорога – середовище».

Топографічний аналіз проводиться для виявлення місць концентрації ДТП на певній території (перехрестя, ділянка дороги, магістраль, місто, регіон).

Розрізняють три види топографічного аналізу:

- карта ДТП;
- лінійний графік ДТП;
- масштабна схема (ситуаційний план) ДТП.

Лінійний графік дорожньо-транспортних пригод, який являється розвитком карти ДТП, дозволяє виявити розташування на ділянці дороги місць концентрації ДТП. Фрагмент лінійного графіку ДТП з наявними місцями концентрації ДТП для автомобільної дороги М-18 в межах Запорізької області (ділянка 255 км – 459 км) наведено на рис. 1.



**Рисунок 1** – Фрагмент лінійного графіку ДТП

**Таблиця 1** – Статистичні данні

Ділянка, км	Роки досліджень			
	2010	2011	2012	2013
282	2	5	6	4
287	6	3	2	1
289	35	16	15	23
290	14	11	10	8
291	11	5	5	13
292	20	19	22	23
293	21	6	15	11
295	7	9	6	3
296	24	13	13	17
297	1	6	0	3
303	6	6	9	4
310	5	2	1	2
311	1	5	3	10
322	7	5	5	3
340	10	6	5	4
341	10	13	17	9
342	3	8	3	6
345	5	0	3	0
348	2	6	5	3
383	8	0	5	7
403	5	0	2	4
415	6	0	5	3
423	0	5	3	2
430	7	0	9	7
431	0	7	4	3
432	0	5	2	4
433	0	5	6	4

В умовах обмеженого фінансування потребують першочергової реконструкції ділянки з незначною довжиною, але з великою кількістю скоєних дорожньо-транспортних пригод. Наприклад, за 2012–2013 р. р. на автомобільній дорозі М-18 в межах Запорізької області (ділянка 255 км – 459 км), загальна довжина в межах області – 204 км, було скоєно 851 ДТП. З них 362

ДТП (42,5%) – прийшлися на місця концентрації ДТП загальною довжиною 27 км (13,2%).

Отже, за допомогою топографічного аналізу ДТП були виявлені ділянки, незначні по довжині, але зі значною відносною кількістю пригод. Таким чином, реконструювання вище вказаних ділянок автомобільної дороги М-18 загальною довжиною 27 км, згідно відповідним нормативам, дозволить на 42,5% знизити кількість дорожньо-транспортних пригод на даній дорозі в межах Запорізької області.

УДК 656.2  
Величко О.О.  
асп. ЗНТУ

*Величко О.О.*

### **ВИЗНАЧЕННЯ ЛОГІСТИЧНОГО КРИТЕРІЮ ОПТИМІЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ АГЛОМЕРАЦІЙНОГО ВИРОБНИЦТВА**

Організація процесу подачі сировини з рудного двору для виробництва агломерату та його доставка від агломераційної фабрики до бункерів доменного цеху при порівняно невеликій відстані перевезень передбачає використання значної кількості транспортного та технологічного обладнання: рудно-козлових кранів, трансферкарів, бункерних та конвеєрних систем, підготовчого комплексу шихти, системи подавання палива, агломераційні машини, спеціальні вагони для перевезення гарячого агломерату, локомотиви та ін.

Розглядаючи мікрологістичний ланцюг від етапу надходження сировини для агломераційного виробництва до пунктів вивантаження до етапу завантаження приймальних бункерів доменного цеху агломератом власного виробництва, можна виділити наступні модулі:

- модуль приймання залізорудної сировини (елементи: вагоноперекидач, приймальна траншея, рудно-козлові крани);
- модуль приймання флюсових матеріалів (елементи: розвантажувальна естакада, рудно-козлові крани, штабельні склади рудного двору)
- модуль підготовки шихти (елементи: рудно-козлові крани, штабельні склади рудного двору);
- модуль завантаження шихти (елементи: штабельні склади рудного двору, рудно-козлові крани, трансферкари, приймальні бункера руди);
- модуль завантаження флюсів (елементи: приймальний устрій);
- модуль виробництва агломерату (елементи: конвеєрні системи, агломації машини);
- модуль доставки агломерату (елементи: аглохопери, приймальні бункери доменного цеху).

Кожен модуль характеризує низка параметрів, основним з яких є пропускна (переробна) спроможність. Інтенсивність матеріального потоку задається обсягом замовлення агломерату доменним цехом. Ця інформація надходить до модуля виробництва агломерату, який «задає тон» роботи суміжних модулів: модуля доставки агломерату та модулів завантаження шихти та флюсів, які, в свою чергу, обумовлюють режим роботи інших модулів. Кожен модуль має певні резерви переробної спроможності обумовлені параметрами технічного оснащення (кількістю кранів, трансферкарів, ємністю складів та ін.). Причому, ці резерви різні для різних модулів, що свідчить про нераціональне використання транспортно-складських ресурсів.

За критерій оптимізації транспортної системи агломераційного виробництва може бути прийнятий мінімум резерву продуктивності вищевказаних модулів мікрологістичного ланцюга, нижня межа якого обмежується максимальною продуктивністю агломашин, що забезпечить мінімальні витрати підприємства на утримання даної системи.

Слід також відзначити, що характерною рисою системи є те, що на переробну спроможність модулів значним чином впливає організація ремонту їх обладнання, яке піддається значним навантаженням та працює з високою інтенсивністю.

УДК 656.2  
Острогляд О.О.  
асп. ЗНТУ

*Острогляд О.О.*

## **ВИКОРИСТАННЯ ГРАФОАНАЛІТИЧНОГО МЕТОДУ ДЛЯ УДОСКОНАЛЕННЯ МІКРОЛОГІСТИЧНИХ СИСТЕМ МЕТАЛУРГІЙНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

Мікрологістична система поєднує адміністративні, структурні та фізичні підрозділи в єдине ціле. Метою такої системи є підключення усіх ресурсів для забезпечення підприємства та намагання поєднати складські, транспортні операції у часі.

Для удосконалення логістики доставки продукції на комбінаті ВАТ «Запоріжсталь» потрібно ознайомитись з логістичними потоками, що діють на підприємстві.

Для цього досліджено та побудовано структури мікрологістичних систем управління перевезеннями на комбінаті ВАТ «Запоріжсталь», при перевезенні вантажу на експорт та при перевезенні вантажу споживачам у межах України.

На окремому прикладі розглядається робота мікрологістичної системи цеху шлакопереробки (ЦШП). При дослідженні логістичних потоків ЦШП

було встановлено, що робота виконується неефективно, через зайвий пере-пробіг рухомого складу під час повернення перевантажених вагонів зі станції Східна до станції Шлакова, де відвантажують частину вантажу. Тому постало питання про необхідність оптимізації заданої логістичної системи.

Було встановлено, що основним критерієм роботи мікрологістичної структури ЦШП виступає час на операції пов'язані з перевезенням шлаку.

При врахуванні недоліків роботи мікрологістичної системи ЦШП за базовим варіантом побудовано схему руху логістичних потоків при застосуванні вагодозуючого комплексу на станції Шлакова. Таким чином, застосування вагодозуючого комплексу на станції Шлакова дозволить доцільно використовувати вантажопідйомність вагонів, зменшити їх кількість у подачі під навантаження, і цим самим звести до мінімуму час, витрачений на операції пов'язані з перевезенням шлаку.

УДК 656.073

Грицай С.В.

старш. викл. ЗНТУ

*Грицай С.В.*

### **УДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПАЛИВА ДЛЯ ОСНОВНОГО ВИРОБНИЦТВА ВАТ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ» В ЗИМОВИЙ ПЕРІОД**

Різке здорожчання природного газу для промислового комплексу України змусило підприємства до пошуку альтернативних видів палива. Тому на деяких металургійних комбінатах були введені в експлуатацію установки вдування пиловугільного палива. Це дозволяє знизити витрату коксу і, відповідно, зменшити собівартість виплавки чавуну. Крім того, технологія дозволяє повністю відмовитися від використання природного газу в доменних печах. Але поряд з беззаперечним позитивним ефектом виникли і деякі негативні чинники, що впливають на ефективність функціонування транспортної підсистеми підприємства. Впровадження даної технології потребує збільшення потрібної кількості залізничного рухомого складу, призводить до збільшення обсягів поїзної та маневрової роботи, виникає необхідність у будівництві або реконструкції існуючої складської системи, реконструкції колійного господарства. Крім того при перевезенні вугілля в холодний період року виникає необхідність у збільшенні обсягів заходів з відновлення сипкості шляхом розігрівання, яке здійснюється в тепляках та інших обігрівальних пристроях за рахунок спалення газоподібного палива. Що в свою чергу, при відсутності резервів у переробній спроможності, призводить до необхідності облаштування додаткових потужностей пристроїв розігріву.

Для удосконалення організації перевезень палива для основного виробництва ВАТ «Запоріжсталь» в зимовий період необхідно:

- дослідити закономірності впливу значної кількості факторів на формування обсягів транспортно-складської роботи та показники ефективності процесу переробки вантажо- та вагонопотоків;
- проаналізувати достатність пропускну здатності технічних пристроїв транспортно-складської системи;
- розробити імітаційну моделі роботи транспорту з перевезення та вантажопереробки палива для металургійного підприємства;
- скоротити простій транспортних засобів під технологічними операціями та розігрівом за рахунок прогнозування моментів прибуття вагонів під вантажні операції та їх тривалості з урахуванням відновлення сипкості в залежності від температурних та інших факторів;
- оптимізувати розміри складських запасів палива з урахуванням нерівномірності прибуття вантажів в адресу комбінату;
- удосконалити логістику транспортно-складської системи з забезпечення паливом основного виробництва з урахуванням використання вагонів під подвійними операціями.

Вирішення поставлених задач та досягнення мети дослідження є важливим для розвитку сучасних теорій та методів дослідження транспортно-складських систем промислових підприємств.

УДК 656.073

Веремеєнко Л.А.<sup>1</sup>, Кондакова А.Е.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> старш. викл. ЗНТУ

<sup>2</sup> студ. гр. Т-819м ЗНТУ

*Веремеєнко Л.А., Кондакова А.Е.*

## **ОПЕРАТИВНЕ ПЛАНУВАННЯ ВАНТАЖНОЇ РОБОТИ В УМОВАХ ЗМЕРЗАННЯ ВАНТАЖІВ**

Систему розігрівання та вивантаження сипкої сировини можна представити у якості двофазної системи, в якій неможливе утворення черги перед другою фазою.

Перша фаза – розігрів вантажів у пристрої розморожування, друга фаза – вивантаження вагонів на різних вантажних пунктах. Пропускна спроможність першої фази при незначному зниженні температури менше нульової відмітки може перевищувати переробну спроможність другої, при подальшому зниженні температур цей баланс змінюється.

Якщо перша фаза має більшу продуктивність, ніж друга, то остання стає вузьким місцем у технологічному процесі й проводить до блокування першої фази. Це обумовлюється тією обставиною, що перша фаза може обслуговува-



ти вимоги тільки в тому випадку, якщо вільна друга фаза. Обслужена вимога першої фази надійде в другу. У нашому випадку, якщо після проходження першої фази (розігрів) замовлення (вагони) не можуть бути обслужовані, вантаж знову змерзнетися.

Особливість роботи такої системи в тому, що вона іноді перебуває на грані виходу зі стаціонарного стану. Для визначення параметрів роботи пропонується використовувати методи теорії масового обслуговування. Окремою задачею є визначення пропускної спроможності першої та другої фази, оскільки ці параметри залежать від оперативної ситуації з наявністю вагонів з різними вантажами на під'їзній колії підприємства.

УДК 656.073

Васильєва Л.О.<sup>1</sup>, Шмакова Я.О.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> старш. викл. ЗНТУ

<sup>2</sup> студ. гр. Т-819м ЗНТУ

*Васильєва Л.О., Шмакова Я.О.*

### **ВИЗНАЧЕННЯ ЛОГІСТИЧНОГО КРИТЕРІЮ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ФОРМУВАННЯ ВАНТАЖНИХ ВІДПРАВЛЕНЬ МЕТАЛУРГІЙНОГО ПІДПРИЄМСТВА**

Розглядається мікрологістичний ланцюг металургійного підприємства, який включає наступні етапи:

- надходження готової продукції на ділянку пакування;
- пакування готової продукції;
- формування вантажних відправлень;
- навантаження вагонів;
- передавання вагонів із готовою продукцією на станцію примикання.

Оптимізація транспортно-складських процесів здійснюється за мінімумом логістичних витрат в межах вищезазначеного мікрологістичного ланцюга. З точки зору підприємства на етапі пакування найбільш вигідним є відвантаження рулонів подвійної маси за рахунок зменшення собівартості готової продукції. Виконання навантажувально-розвантажувальних та транспортно-складських робіт з рулонами подвійної маси дозволяє скоротити час та зменшити трудомісткість вантажних операцій, зменшити обсяг використання лісоматеріалів за рахунок зменшення кількості вантажних місць. Але на етапі формування вантажних відправлень спостерігається зниження коефіцієнту використання вантажопідйомності.

На основі результатів дослідження виявлені найбільш впливові причини: недосконалість схем навантаження та відсутність точної методики плану-

вання вантажних відправлень із максимальним використанням вантажопідйомності вагону. Проведення завантаження вагонів із коефіцієнтом використання вантажопідйомності, наближеному до одиниці, дає можливість зменшити необхідну кількість вагонів.

На даному етапі запропоновано розрахунок маси рулонів на основі методу лінійного програмування із використанням Microsoft Excel.

УДК 656

Турпак С.М.<sup>1</sup>, Світлицький О.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

<sup>2</sup> студ. гр. Т-819м ЗНТУ

*Турпак С.М., Світлицький О.В.*

### **ОПТИМІЗАЦІЯ МАРШРУТІВ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВАНТАЖІВ НА ПІД'ЇЗНІЙ КОЛІЇ МЕТАЛУРГІЙНОГО ПІДПРИЄМСТВА**

З 2013 року на кафедрі «Транспортні технології» ведеться розробка програмного забезпечення в галузі створення графіків руху залізничного транспорту з урахуванням часу на переміщення та міжстанційного інтервалу. В ході роботи було створено програму Traingraph, яка знаходиться на етапі доробки і тестування.

Можливості програми Traingraph дозволяють створювати внутрішньо-заводські контактні графіки, а також графіки руху залізничного транспорту.

На графіках передбачено враховувати зайнятість станції, відстані між ними, час простою та переміщення рухомого складу. Можливо встановлювати часові проміжки, створювати графіки в різноманітних одиницях часу, фрагментів загального графіку, друк та інтегрування з графічним редактором Corel Draw та іншими.

Перспектива розвитку та розширення програмного забезпечення в рамках проекту Traingraph передбачає суміщення графічного зображення циклічного та нециклічного руху потягів та навантажувально-розвантажувальних робіт на станціях. Передбачається можливість використання програми на інших видах транспорту.

УДК 621.01:531.01

Кузьменко И.И.<sup>1</sup>, Штанько П.К.<sup>2</sup>, Коваленко Т.А.<sup>3</sup>, Мазина О.В.<sup>4</sup>,  
Байдуков В.Ю.<sup>5</sup>, Макаров О.В.<sup>6</sup>

<sup>1,2</sup> канд. техн. наук, доц., ЗНТУ

<sup>3</sup> старш. викл., ЗНТУ

<sup>4</sup> асист., ЗНТУ

<sup>5</sup> студ. гр. Т-112 ЗНТУ

<sup>6</sup> студ. гр. Т-412 ЗНТУ

*Кузьменко И.И., Штанько П.К., Коваленко Т.А., Мазина О.В., Байдуков В.Ю.,  
Макаров О.В.*

## АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПРУЖИНЫ КРУЧЕНИЯ

В механизмах машин, аппаратов и приборов широко используются пружины как упругие элементы.

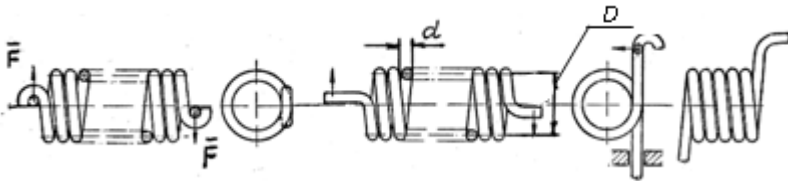


Рисунок 1 – Виды пружин кручения

Для определения параметров пружины в технических расчетах используют индекс пружины  $C=D/d$ , реже ( $4 \leq C \leq 12$ ) и коэффициент концентрации напряжений  $K_\sigma$ , определяемые опытным путем. Для выбора приемлемого решения требуется выполнить несколько вариантов расчета.

Разрабатываем аналитический метод расчета оптимальных параметров цилиндрической пружины кручения, т.е. минимизируем вес пружины, диаметр спирали  $D$ , диаметр проволоки  $d$  и количество витков  $i$ . Вес пружины представим в виде функции переменных  $f(D, d, i)$

$$f_1 = \frac{\pi^2 pq \cdot n \cdot D d^2}{4} + \frac{\pi^2 pq \cdot D d^2 \cdot i}{4}, \quad (1)$$

где  $n$  – число нерабочих витков,  $n=2$ ;  $i$  – число рабочих витков,

$$i = \frac{E d^4 \cdot \Theta^0}{3667,2 \cdot D}.$$

Ограничение на допускаемое напряжение принимаем из условия прочности проволоки на изгиб

$$\varphi = \frac{K_o \cdot M_{\max}}{W_z} - [\sigma] \leq 0, \quad (2)$$

где  $M_{\max}$  – рабочий момент;  $W_z$  – осевой момент сопротивления сечения.

Для решения поставленной задачи используем теорему Куна – Такера, согласно которой, функция (1) с учетом ограничения (2) запишем в виде:

$$\frac{\pi^2 \rho q \cdot n}{4} \cdot D \cdot d^2 + \frac{\pi^2 \rho q E \Theta^o}{14668,8 \cdot M} \cdot d^6 + \lambda \frac{14,5M}{d^{2,885} \cdot D^{0,115}} = 0, \quad (3)$$

Дифференцируя (3) по переменным  $d$  и  $D$ , определяем диаметр проволоки

$$d = \left( \frac{43,5M}{[\sigma]} \right)^{0,299} \cdot \left( \frac{M \cdot n}{E \cdot Q^o} \right)^{0,034379}, \quad (4)$$

и диаметр спирали

$$D = 7,086 \cdot 10^{-5} \frac{E \cdot Q_o d^4}{M \cdot n}. \quad (5)$$

Пример. Определить основные параметры пружины при исходных данных: рабочий момент  $M_{\max} = 6H \cdot m$ ; рабочий угол поворота  $\Theta^p = 60^0$ ;  $[\sigma] = 500 MPa$ ;  $E = 2 \cdot 10^5 MPa$ ; плотность материала  $\rho = 7,7 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ ; накапливаемая энергия в процессе деформации должна составлять  $U_o = 4 \text{ Дж}$ .

Решение. Из формул (4) и (5) определяем:  $D = 49 \text{ мм}$ ;  $d = 5,12 \text{ мм}$ . Затем вычислим  $i = 5,12$ ;  $n = 2$ ;  $G = 0,2438 \text{ Н}$ ; масса проволоки –  $0,25 \text{ кг}$ , длина проволоки  $\ell = 1485 \text{ мм}$ , а также моменты: минимальный –  $1,64 \text{ Н·м}$ ,  $M_{\max} = -6,0 \text{ Н·м}$ , предельный –  $7,25 \text{ Н·м}$ . Энергия, накапливаемая в процессе нагружения составляет  $4 \text{ Дж}$ .

## ВЫВОДЫ

Предложенная методика позволяет аналитическим путем определить минимальные параметры пружины кручения и сократить количество шагов поиска приемлемого решения.

УДК 669.295

Шевченко В.Г.<sup>1</sup>, Перепёлкина М.Н.<sup>2</sup>, Глотка Т.А.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

<sup>2,3</sup> асп. ЗНТУ

*Шевченко В.Г., Перепёлкина М.Н., Глотка Т.А.*

## **ПОЛУЧЕНИЕ СУБМИКРОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ В ЭКОНОМНО-ЛЕГИРОВАННЫХ ТИТАНОВЫХ СПЛАВАХ**

Титановые сплавы, содержащие кислород в качестве легирующего элемента, являются перспективным материалом для таких отраслей, как химическая и нефтяная промышленности, судостроение, энергетика. Они не содержат в своем составе дорогостоящих легирующих элементов. При повышении содержания кислорода в этих сплавах существенно повышаются прочностные характеристики при незначительном снижении пластичности.

Введение до 0,4% масс. кислорода обеспечивает повышение предела прочности нелегированного титана до 600–650 МПа. Для дальнейшего повышения прочности титановых сплавов необходимо использование комплексного подхода, который заключается в одновременном легировании кислородом и получении в сплаве субмикрокристаллической (СМК) структуры.

Целью данной работы являлось проведение интенсивной пластической деформации для титанового сплава с повышенным содержанием кислорода и получение СМК структуры в нем.

Для получения образцов с заданным содержанием кислорода использовали технологию введения кислородсодержащих соединений в процессе вакуумно-дугового переплава слитков. Интенсивную пластическую деформацию (ИПД) осуществляли методом винтовой экструзии (ВЭ). Температуры ИПД сплавов, легированных кислородом, выбирали, учитывая результаты ранее проведенных исследований. Деформация образцов осуществлялась без предварительной термической обработки.

Установлено, что для реализации деформации без разрушения титановых сплавов с содержанием кислорода около 0,3% масс. необходимо повышение температуры деформации на 100–120°C по сравнению с температурой деформации для технически чистого титана. В результате проведения ИПД (5 проходов) получена однородная СМК структура в сплаве. Такая структура может обеспечивать одновременно высокий уровень пластических и прочностных характеристик, усталостной прочности и износостойкости при уменьшении размера структурных составляющих до СМК размеров.

УДК 669.295

Скребцов А.А.<sup>1</sup>, Овчинников А.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> асп. ЗНТУ

<sup>2</sup> д-р техн. наук, ЗНТУ

*Скребцов А.А., Овчинников А.В.*

## **ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ГИДРИРОВАННОГО ТИТАНА В ПОРОШКОВОЙ СМЕСИ НА ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ СПЕЧЕННОГО СПЛАВА ВТ1-0**

Механические свойства спеченных титановых сплавов определяются формой и размерами пор, которые являются концентраторами напряжений. Известно, что из всех форм концентраторов напряжения в металле наиболее благоприятной для сопротивления процессам разрушения является глобулярная форма. Такую форму пор можно получить при использовании гидрида титана. Однако использование этого порошка технологически и экономически затруднительно. Поэтому предложено изготавливать изделия методом порошковой металлургии из двухкомпонентной смеси: порошков титана марки ПТ и гидрида титана. Таким образом, целью данной работы являлось получение спеченного титанового сплава с глобулярным типом пор. Для достижения поставленной цели исследовали процесс сфероидизации пор в спеченном титане на основе смеси с различным содержанием гидрида титана.

По технологии порошковой металлургии получали спеченные образцы титанового сплава состава ВТ1-0 ГОСТ 19807 на основе порошков титана ПТ5-1, гидрида титана и их смесей ТУ У 14-10-026-98. Исследовались смеси с 5%, 15%, 30%, 70% гидрида титана. Металлографические исследования проводили на микроскопе отраженного света «НЕОРНОТ-32».

Известно, что насыщение водородом происходит при 300°C путем его массопереноса в газовой среде. Обратный процесс насыщению водородом – дегазация, проходящая при температурах свыше 300°C, лежит в основе сфероидизации пор в спеченном титановом сплаве на основе гидрида титана при его спекании. В работе проведен анализ и систематизация литературных данных, а также металлографические исследования спекаемых материалов, на основании которых предложен и описан механизм образования пор глобулярного типа при спекании смесей, содержащих гидрид титана. В соответствии с предложенным механизмом, при спекании во время интенсивного выделения атомарного водорода из октаэдрической пустоты кристаллической решетки титана в замкнутую межчастичную пору создается избыточное давление, приводящее к ее сфероидизации. При этом происходит рекомбинация атомов в молекулу водорода. Со временем, в межчастичной поре молекула водорода диссоциирует на атомы и внедряется в кристаллическую решетку титана. При этом происходит спекание частиц, и уменьшение пористости в

соответствии с классическими представлениями теории спекания. Описанные выше процессы периодически повторяются при спекании.

Таким образом, в работе на основании литературных данных и собственных исследований предложен механизм сфероидизации пор в спеченных титановых сплавах на основе смеси содержащей гидрид титана.

УДК 669.295

Джуган А.А.

асп. ЗНТУ

*Джуган А.А.*

## **ОСОБЕННОСТИ ГИДРИРОВАНИЯ И ДЕГИДРИРОВАНИЯ В ПОРОШКОВЫХ ТИТАНОВЫХ МАТЕРИАЛАХ**

Получение полуфабрикатов из порошков титана состоит из процессов их формообразования, нагревания до температуры спекания и изотермической выдержки с последующим охлаждением. Это всегда приводит к увеличению плотности образца, возможному росту зерна, изменению механических свойств готового изделия. Спеченные титановые сплавы из промышленных порошков ПТ5, ПТХ и др. имеют повышенное содержание пор в своей структуре, геометрия которых разнообразна. Поры снижают прочность сплавов на основе этих порошков. Применение промышленного порошка гидрида титана ( $\text{TiH}_2$ ) позволяет сформировать структуру с глобулярными порами, что дает возможность получить высокий уровень механических свойств. Однако, недостаточно понятно, как водород, содержащийся в порошке  $\text{TiH}_2$ , позволяет получать сферическую форму пор в спеченном сплаве, поэтому целью данной работы было изучить процесс формирования сферических пор при спекании сплава ВТ1-0 на основе порошка  $\text{TiH}_2$ .

Анализ литературных данных показал, что технология гидрирования – дегидрирования является достаточно известной в наше время. Данной проблематике посвящены труды Ильина А.А., Шаповаловой О.М., Ивасишина О.М., Бабенко Е.П.

Анализ литературных данных показал, что гидрирование титана проходит при температуре выше  $300^\circ\text{C}$  в среде очищенного водорода с последующим быстрым охлаждением для образования гидридов титана типа  $\text{TiH}_{1,5-2,0}$  переменного состава.

Гидрирование, согласно работ Ильина А.А. и соавторов, сопровождается процессами массопереноса водорода в газовой фазе с последующей адсорбцией водорода на поверхности металла и его окклюзии. Атомы водорода внедряются в октаэдрические поры кристаллической решетки титана. Особенностью этого процесса применительно к порошковому титану является

его обратимость. Дегидрирование является обратным процессом гидрирования и проходит в вакууме при повышении температуры до 320°C.

При спекании происходит процесс интенсивного выделения водорода из октаэдрической поры в межчастичную (с последующей рекомбинацией атомов водорода в молекулу), что создает в ней избыточное давление и как следствие приводит к ее сфероидизации. Одновременно с этим происходит диссоциация молекулярного водорода на атомы с их постепенным внедрением в октаэдрическую пору титана. Данный процесс циклически протекает при спекании.

Таким образом, установлено, что процессы гидрирования и дегидрирования позитивно сказываются на процессах спекания и сфероидизации пор в порошковых титановых материалах.

УДК 621.865.8

Кружнова С.Ю.<sup>1</sup>, Горяга П.И.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> старш. преп. ЗНТУ

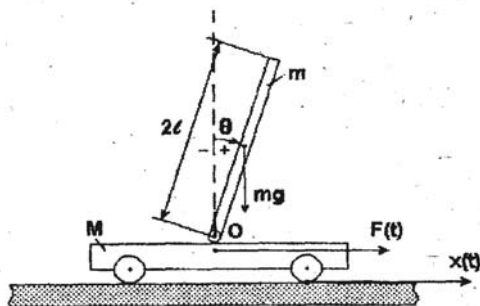
<sup>2</sup> студ. гр. М-210 ЗНТУ

*Кружнова С.Ю., Горяга П.И.*

## **НЕЧЕТКИЙ РЕГУЛЯТОР ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ НЕУСТОЙЧИВЫМ ОБЪЕКТОМ**

Проблеме управления перевернутым маятником (inverted pendulum) посвящено большое число работ. Результаты этих исследований часто используются в качестве методических примеров, когда требуется показать возможность управления неустойчивым объектом с помощью методов техники регулирования.

Конструктивно объект управления выглядит следующим образом (рис.1).



**Рисунок 1** – Конструкция перевернутого маятника.



При решении этой задачи классическими методами обычно делают много упрощений (пренебрегают силой трения, массой стержня по сравнению с массой тележки, ошибками измерения и т.д.). Сделанные упрощения в предположении о малости возмущений, отклоняющих стержень от вертикали (т.е. положения его неустойчивого равновесия), позволяют получить линеаризованные уравнения движения:

$$\frac{4}{3}I \cdot \ddot{\theta}(t) + \ddot{x}(t) - g \cdot \sin \theta(t) = 0; \quad M\ddot{x}(t) + c \cdot \dot{x}(t) = F(t)$$

Вместе с тем синтезированный на основе математической модели алгоритм управления является чересчур идеализированным и имеет малую практическую ценность. Приведем по этому поводу следующее весьма характерное высказывание: «Как только математические методы начинают применяться к реальности, они сразу перестают быть точными. Следовательно, точные методы не имеют непосредственного отношения к реальному миру».

При решении сформулированной задачи с помощью методов нечеткой логики вовсе не требуется количественного знания поведения системы, достаточно иметь качественное описание ее поведения на основе лингвистических выражений (правил). Это аналогично тому, как человек может балансировать с шестом в руке, не зная соответствующей математической модели системы. Это происходит обычно бессознательно, путем использования правил типа: «Если шест наклоняется вправо, то я должен двигать руку также слегка вправо», и т.п.

Применительно к данной задаче требуется ввести в базу правил 4 лингвистические переменные: «Угловая ошибка»  $\theta$ , «Скорость вращения»  $W$ , «Ошибка по положению»  $\Delta x$  и «Сила»  $F$ . Для переменных  $\theta$  и  $F$  вводятся по 7 значений (термов): NL – «отрицательное большое»; NM – «отрицательное среднее»; NS – «отрицательное малое»; Z – «нулевое (нормальное)»; PS – «положительное малое»; PM – «положительное среднее»; PL – «положительное большое», а для переменных  $W$  и  $\Delta x$  – по 5 значений: NM, NS, Z, PS и PM. При этом база правил определяется с помощью 19 отдельных правил. Базу правил можно также представить с помощью матричного описания – в виде таблицы.

Функции принадлежности для соответствующих лингвистических переменных  $\theta$ ,  $W$ ,  $\Delta x$  и  $F$ . Особенно большое значение уделяется изменению переменных «Угловая ошибка» и «Сила» в окрестности нуля, поскольку даже незначительные изменения наклона стержня оказывают большое влияние на устойчивость его положения. Рассматривался следующий диапазон изменения переменных: Угол =  $-0.7 \div 0.7$  (м); Угловая скорость =  $-25 \div 0.25$  (рад/с).

Для дефазификации использовался метод центра тяжести. Результаты моделирования на ЭВМ подтвердили высокую работоспособность предложенных алгоритмов в широком диапазоне изменения переменных. Как показали эти исследования, решающее влияние на поведение системы при этом оказывает выбор правил управления. В то же время, малые вариации нечетких множеств оказывают малое влияние на показатели качества системы.

УДК 539.3

Кружнова С.Ю.

старш. преп. ЗНТУ

*Кружнова С.Ю.*

## ЗАДАЧА КОШИ ДЛЯ ТОНКОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ УПРУГОЙ ОБОЛОЧКИ

Задача о цилиндрической оболочке, к одному концу которой приложена динамическая нагрузка имеет фундаментальное значение для многих областей, она была предметом многих исследований. Однако эти исследования основывались на безмоментной теории и не давали исчерпывающего решения вопроса о реакции оболочки на весьма быстрые нагружения, при которых сдвиговые эффекты могут играть существенную роль, как это происходит при распространении волн в стержнях.

Рассмотрим задачу о гладкой стенке, двигающейся с постоянной скоростью и ударяющей в торец полубесконечной ( $\xi \geq 0$ ) оболочки, вначале неподвижной. Математически это выражается условиями

$$n_x = n_\theta = g_x = m_x = \dot{U} = \dot{W} = \dot{\psi} = 0, \text{ при } \tau = 0, \xi > 0$$

$$g_x = \dot{\psi} = 0, \dot{U} = 1 \text{ при } \tau > 0, \xi = 0,$$

Первое возмущение распространяется со скоростью  $C_p$ . Так как решение непрерывно вдоль всей границы, кроме точки  $\tau = \xi = 0$ , линиями разрыва могут быть только две характеристики, проходящие через начало координат.

Из уравнений

$$\begin{aligned}
& -\frac{\partial}{\partial \xi} \left[ n_x - \delta^{-2} m_x - (1 - \delta^2) \dot{\psi} \right] + \frac{\partial}{\partial \tau} \left[ n_x - \delta^{-2} m_x - (1 - \delta^2) \dot{\psi} \right] = \delta^{-2} g_x \\
& -\frac{\partial}{\partial \xi} \left[ m_x + \delta^2 (\dot{U} + \dot{\psi}) \right] + \frac{\partial}{\partial \tau} \left[ m_x + \delta^2 (\dot{U} + \dot{\psi}) \right] = -g_x \\
& -k \frac{\partial}{\partial \xi} \left[ g_x + k \dot{W} \right] + \frac{\partial}{\partial \tau} \left[ g_x + k \dot{W} \right] = k^2 \dot{\psi} - k n_\theta \\
& -\frac{\partial}{\partial \tau} \left[ n_\theta + v(1 - \delta^2)^{-1} (m_x - n_x) \right] = (1 - v^2 - \delta^4)(1 - \delta^2)^{-1} \dot{W}
\end{aligned}$$

следует, что разрывы  $[U_2] = [U_4] = [U_6] = [U_7] = 0$  в окрестности начала и что

$$\left. \begin{aligned} m_x &= -\delta^2, \\ \dot{W} &= 0, \\ n_x &= -1 \\ n_\theta &= -v \end{aligned} \right\} \begin{aligned} & \text{при } \xi = 0, \quad \tau = \epsilon, \\ & \epsilon \ll 1 \end{aligned}$$

Следовательно, в этом случае разрывы возникают только вдоль линии  $\tau = \xi$ .

УДК 662.8

Слинько Г.І.

д-р техн. наук, проф. ЗНТУ

*Слинько Г.І.*

## ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ТА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЛІГНОПЕЛЕТ

Метою дослідження було визначити деякі теплофізичні та фізико-механічні властивості лігнопелет та надати рекомендації щодо їх використання в різних паливних агрегатах.

В результаті досліджень теплофізичних властивостей лігнопелет встановлено, що загальна волога на робочий стан палива складала 27,6%; зольність – 12,7...17,5%; теплота згорання 13,42...20,65 МДж/кг.

Порівняння отриманих результатів щодо їх відповідності технічним умовам ТУ У 20.5–38191709–001:2013 «Лігнопелети-паливні гранули. Технічні умови», показали, що дослідженні зразки лігнопелет відповідають вимогам вказаних технічних умов України.

Подальші дослідження були направлені на виявлення причин утворення шлакової кірки на поверхні лігнопелет під час їх спалювання в топках пелетного котла та в топці побутової печі.

В результаті візуального огляду сировини лігніну (сухого, меленого) встановлено що це – порошкоподібна сировина темно-коричневого кольору. При просіюванні його через сито з розміром комірок 1х1 мм виявлено 23,8% матеріалу, який являє собою суміш грудочок лігніну та близько 15% сторонніх включень (скло, пісок кварцовий, граніт) розмірами до 6 мм.

При дослідженні механічних властивостей лігнопелет циліндричної форми діаметром 13,1...13,4 мм, довжиною 3...34 мм встановлено, що їх твердість становить 60 НВ. Деякі зразки руйнувалися, не досягнувши вказаної твердості, з причини наявності сітки тріщин на їх поверхні, утворених при пресуванні лігнопелет, та за наявності в пелетах чужорідних включень – концентраторів напружень.

При випробуванні на стискання встановлено, що  $\sigma_{\text{в стик}} = 10,5...13,2$  МПа, що є прийнятним, проте на поверхні пелети злушуються на глибину до 2 мм, що сприяє погіршенню їх спалювання в топках пелетних котлів та утворенню негорючого шлаку.

За нормальних умов горіння лігнопелет відбувається в три етапи:

– тління при температурі 188...198 °С;

– горіння піролізного газу, який виділяється з пелет при температурі 198...320 °С;

– горіння залишкової маси пелет, яка складається з вуглецю.

В результаті спалювання пелет утворюються основні продукти: піролізний газ та вуглець, які при горінні виділяють тепло, та зола, яка просипається через колосники.

При спалюванні досліджуваних лігнопелет спостерігали утворення негорючої шлакової кірки на їх поверхні. Причинами її утворення є: 1 – мала (3,5...20 мм) довжина лігнопелет, близько 80% від їх загальної кількості; 2 – руйнування поверхневих шарів пелет та збільшення щільності спалюваної маси і зменшення, за рахунок цього, подачі кисню з повітрям; 3 – наявність негорючих сторонніх включень, які є зародками шлакоутворення; 4 – порушенням температурного режиму при виготовленні лігнопелет, що зменшує в них можливість утворення необхідної кількості піролізного газу та відносно-го збільшення кількості золи.

Таким чином, для забезпечення ефективного згоряння лігнопелет необхідно жорстко дотримуватись технології їх виготовлення, включаючи технологію підготовки сировини (лігніну), температурні режими сушки сировини, механічні навантаження при пересуванні лігнопелет.

Виходячи з проведених досліджень, та враховуючи, що теплофізичні та фізико-механічні властивості лігнопелет – паливних брикетів значною мірою наближені до властивостей кам'яного вугілля, перебувають в межах властивостей бурого вугілля та торф'яних і деревинних пелетів, а за ціною є значно дешевшими, можна зробити висновок, що лігнопелети – паливні брикети можуть успішно використовуватись в різних паливних агрегатах, як альтернативне паливо.

УДК 621.43

Слинько Г.І.<sup>1</sup>, Мозговий А.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> д-р техн. наук, проф. ЗНТУ

<sup>2</sup> студ. гр. Т-420 ЗНТУ

*Слинько Г.І., Мозговий А.В.*

## **ОСОБЛИВОСТІ БУДОВИ ГАЗОРОЗПОДІЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ ДВЗ РІЗНИХ ТИПІВ**

З початком створення першого двигуна внутрішнього згоряння у світі до сьогоднішніх днів було створено велику кількість моделей газорозподільного механізму. Ці механізми розрізняються принципово, як за дією, так і за конструкцією.

Основна класифікація газорозподільчих механізмів констатує два види:

- з розподільчим валом у блоці циліндрів;
- з розподільчим валом у головці блока циліндрів.

У свій час газорозподільчі механізми з розподільчим валом у блоці цилін-

ндрів поділяють три види:

- нижньоклапанні;
- зі змішаним розташуванням клапанів;
- з верхнім розміщенням клапанів.

Нижньоклапанні газорозподільчі механізми – це механізми з розподільчим валом у блоці циліндрів з клапанами, розміщеними тарілками клапана угору. Ця конструкція була популярною у 1920–1950 роках тільки із-за своєї простоти виробництва та малої шумності роботи.

Одним найважливішим недоліком цієї конструкції прийнято вважати погане наповнення циліндрів із-за довгого шляху переміщення повітряно-паливної суміші, як наслідок двигун видавав малу потужність та дуже перегрівався.

Тому одним з видів конструкції нижньоклапанних ГРМ – Т-подібна форма мала певні переваги. Ця форма мала з одного боку розподільчого вала впускний, а по інший бік-випускний тракти, що призвело до зменшення перегріву але довжина трактів була всеж великою, а до того ще додалися великі габарити й складність виготовлення.

Ці недоліки підштовхували конструкторів на розробку нових конструкцій. Тому вже у 30-х роках минулого століття була впроваджена змішана схема газорозподільчих механізмів. Як правило впускні клапани були у головці блока та приводилися у дію за допомогою штовхачів, а випускні клапани були тарілками вгору.

Також в 30-х роках минулого століття впроваджувалась гільзова система. В її конструкції зовсім не було розподільчого валу та клапанів. Розподілення газів у цій схемі виконувалось за рахунок того, що гільза з вікнами ковзала вздовж головки з привадам від ексцентричної шестерні. При цьому вікна співпадали з потрібними впускним та випускним каналами. Ця система була набагато краща у порівнянні з нижньоклапанною системою, але мала два недоліки: це великі сили тертя та великі витрати мастила. Однак у той час використовувався ще один вид гільзової системи. В цій конструкції гільза оберталась навколо поршня в циліндрі. Це дуже спростило схему й зробило більш точним запалювання, але збільшило тертя. Гільзова система використовувалась до кінця 30-х років минулого століття, поки не з'явилась верхньоклапанна конструкція.

В системі з верхнім розміщення клапанів. Усі клапани мали верхнє розміщення у головці блока, а розподільчий вал у блоці. При цьому клапани приводились у дію від штанг штовхачів.

Переваги цієї конструкції: простота та надійність конструкції та її приводу.

Недоліки конструкції: шумність, неможливість розвинення високих обертів, неможливість використання великої кількості клапанів.

Ця схема мала великий попит до 70-х років минулого століття. Хоч при цьому вже були більш новітні схеми, але дешевизна й легкість виготовлення дало змогу їй довго застосовуватись в двигунах.

На початку 60-х років минулого століття з'явилася система «SOHC» з одним розподільчим валом у головці блока циліндрів. Даний вид мав також різні конфігурації, класифікацію за приводом клапанів:

- привід коромислами (Москвич-412, старі моделі «Хонда» та «БМВ») клапани розміщені по боках валу (Зазвичай V-подібні двигуни): привід від насаджених на одну вісь коромисла.

- привід клапанів ричагами (ВАЗ-2101, ВАЗ-2107) вал розміщений над клапанами привід ричагами.

- привід клапанів штовхачами (ВАЗ-2108).

Ця конструкція була розповсюджена у 60-х – 80-х роках минулого століття наряду з «DOHC» з двома розподільчими валами та двома клапанами на випуск та на впуск.

Система DOHC з двома валами та 3-х, 4-х і більше клапанів на циліндр. Як правило – один вал приводить у дію впускні клапани а інший впускні. Використовується на більшій частині сучасних автомобілів.

В наш час однією з новітніх систем управління газорозподільчих механізмів вважається десмодромна система. Хоча цю систему і запатентували у 20-х роках минулого століття, та вона не мала майже ніякого застосування до 60-х років зокрема із-за дуже великої важкості виготовлення. Тому усі перші спроби що до її впровадження були марними. Але в наш час ця система має дуже велику кількість різновидів даної конструкції.

Отже, механізми розподілення газів у двигуні є найважливішою системою після кривошипно-шатунної. Тому при модернізації двигунів слід розглядати і дивитися про модернізацію цієї системи, спираючись на вже існуючий досвід. І тому дуже цікавим було б обладнати сучасні вітчизняні двигуни десмодромною системою.

УДК 621.4

Слинько Г.І.<sup>1</sup>, Лук'яненко В.П.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> д-р техн. наук, проф. ЗНТУ

<sup>2</sup> студ. гр. Т-410 ЗНТУ

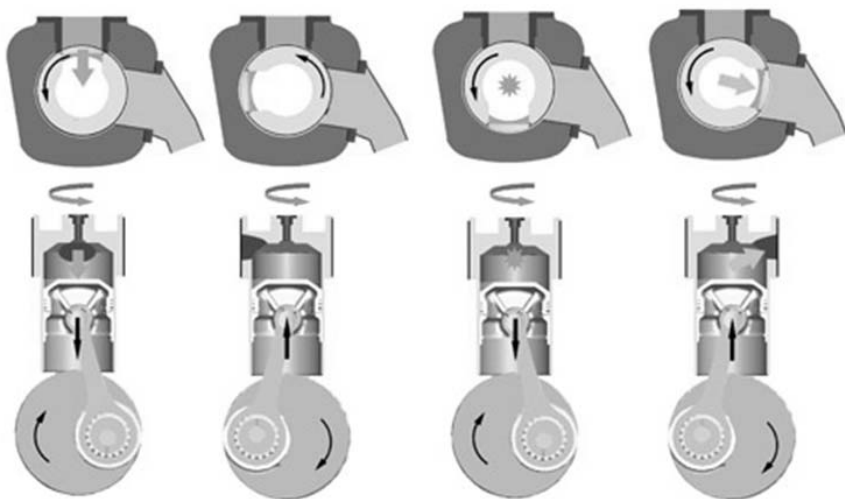
*Слинько Г.І., Лук'яненко В.П.*

## **ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУКЦІЇ СИСТЕМИ ГАЗОРОЗПОДІЛУ ОДНОЦИЛІНДРОВОГО ЧОТИРИТАКТНОГО БЕНЗИНОВОГО ДВИГУНА З ЦИЛІНДРОМ, ЩО ОБЕРТАЄТЬСЯ**

В сучасному двигунобудуванні існує потреба в двигунах малої потужності з малими габаритами, двотактні двигуни задовольняють дані критерії,

але вони викидають в повітря багато шкідливих речовин, що при даній забрудненості біосфери є недопустимим. Чотиритактні двигуни мають меншу токсичність, але значна частка потужності двигуна втрачається на привід газорозподільного механізму. Газорозподільний механізм типового двигуна має досить значні інерційні сили, що також знижує його ефективну потужність. Тому постає питання в модернізації системи газорозподілу. За основу можна взяти, наприклад, двигун з обертаючим циліндром [1].

Даний двигун має чотири такти, меншу висоту, потужність 74 кВт з літри об'єму, без наддуву та має в три рази менші сили інерції. Але поряд з цим є і негативні фактори: а саме забезпечення потрібного охолодження циліндра та ущільнення впускного вікна. Через перегрів циліндра можливе заклинювання в охолоджуючій рубашці. Взнявши до уваги ці недоліки пропонується його подальша модернізація (рис. 1).



**Рисунок 1** – Фази газорозподілу модернізованого двигуна з циліндром, що обертається [1].

Циліндр, що обертається зробити нерухомим, як у звичайних двигунах. На верхню частину циліндра, що має вікно, для впуску і випуску газів, установити втулку-шестерню з отвором. Втулка-шестерня буде обертатися синхронно з колінчастим валом та забезпечуватиме газообмін. Дана модернізація дозволить покращити охолодження циліндра, зменшити інерційні маси через те, що обертатиметься тепер втулка-шестерня, еквівалентна по висоті третині циліндра.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Technology [Електронний ресурс]. – RCV Engines Ltd, 2013. – Режим доступу: <http://www.rcvengines.com/technology.html>.



УДК 621.412

Слинько Г.І.<sup>1</sup>, Стаднік О.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> д-р техн. наук, проф. ЗНТУ

<sup>2</sup> студ. гр. Т-411 ЗНТУ

*Слинько Г.І., Стаднік О.В.*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕМПЕРАТУРНИХ РЕЖИМІВ ТЕПЛООБМІННИКА НА РОБОТУ ДВИГУНА СТІРЛІНГА**

В останні роки збільшився інтерес до двигунів Стірлінга, як до альтернативного виду теплових двигунів, що мають ряд переваг перед двигунами внутрішнього згоряння: висока ефективність і економічність, можливість роботи з використанням різних джерел енергії (вуглеводневі палива, ядерна та сонячна енергія, теплота геотермальної пари, теплота реакції окислення металів, тощо). У двигунах можна використовувати різні робочі тіла (повітря, водень, гелій, різні хімічно активні гази та ін.) Специфічною властивістю двигунів Стірлінга є те, що вони можуть працювати тривалий час в безповітряному просторі, наприклад, в космосі або під водою. Ці машини відрізняються універсальністю і конструктивною різноманітністю і можуть працювати як холодильні машини, теплові насоси в багатьох областях техніки.

Як відомо, термічний ККД циклу Стірлінга такий, як і для циклу Карно, тобто:

$$\eta_t = (T_1 - T_2)/T_1, \quad (1)$$

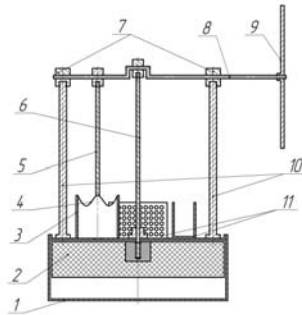
де  $T_1$ ,  $T_2$  – температури нагрівача і охолоджувача відповідно.

Тому для дослідження ефективності роботи двигуна можна використовувати залежність кількості обертів колінчастого валу від різниці температур  $T_1 - T_2$ .

Для досліджень було використано саморобну модель двигуна Стірлінга  $\gamma$ -типу без регенератора, 2 цифрових мультиметра з термopарами для вимірювання температури, та відеокамера для фіксації положення колінчастого валу (Рис. 1). Такий двигун має порівняно просту конструкцію, але має й більш менший термічний ККД із-за відсутності регенератора:

$$\eta_t = 1 - \frac{\tau - 1[1 - (k - 1)/n\varepsilon]}{\tau[1 + (k + 1)/n\varepsilon] - 1}, \quad (2)$$

де  $\tau = T_1/T_2$  – ступінь підвищення температури в циклі;  $k = c_p/c_v$  – показник адіабати;  $\varepsilon = V_a/V_c = V_b/V_z$  – ступінь стиснення.



- 1 – нагрівальник; 2 – витискувальний поршень; 3 – робочий циліндр;  
 4 – діафрагма робочого циліндра; 5 – шток робочого циліндра; 6 – шток витискувального циліндра; 7 – опори колінчастого вала; 8 – колінчастий вал;  
 9 – маховик; 10 – стойки опор колінчастого вала; 11 – ребра охолоджувача.

Рисунок 1 – Модель двигуна Стирлінга γ-типу без регенератора.

На підставі отриманих даних було побудовано залежність частоти обертання колінчастого вала від різниці температур нагрівальника і охолоджувача (Рис. 2). Збільшення різниці температур призводить до зростання числа обертів, тобто підвищення ККД двигуна.

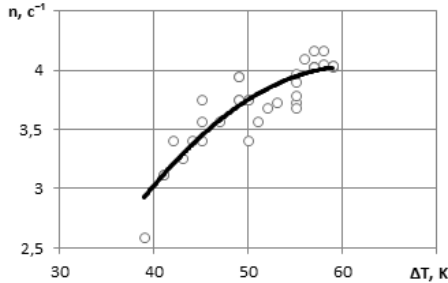
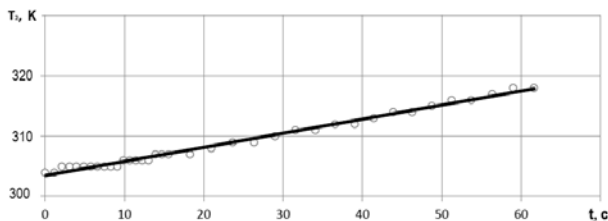


Рисунок 2 – Залежність частоти обертання  $n$  від різниці температур  $\Delta T$  теплообмінника.

Також при дослідженні було виявлено негативний вплив теплопровідності бічних стінок витискувального циліндра, оскільки частина теплоти від нагрівача передавалася по стінках до охолоджувача, тим самим зменшуючи різницю температур. Було побудовано залежність температури охолоджувача від часу роботи (Рис. 3).



**Рисунок 3** – Залежність температури охолоджувача  $T_2$  від часу роботи  $t$ .

В результаті проведених досліджень, для підвищення ефективності двигуна Стірлінга рекомендовано:

1. Використовувати регенератор, який економить теплоту, тим самим значно збільшує ККД;
2. Збільшити різницю температур, використовуючи відповідні матеріали та підвищити ефективність охолоджувача;
3. Зменшити теплопровідність стінок між нагрівальником і охолоджувачем, наприклад, використовуючи фторопласти;
4. Робоче тіло повинно повністю знаходитись або в гарячій або холодній порожнині, тобто внутрішній контур не мав незмінних об'ємів (нагрівальника, охолоджувача та з'єднувальних каналів);
5. Покращити ущільнення, щоб зменшити витік робочого тіла.

УДК 621.43

Слинько Г.І.<sup>1</sup>, Баришніков І.Ю.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> д-р техн. наук, проф. ЗНТУ

<sup>2</sup> студ. гр. Т-411 ЗНТУ

*Слинько Г.І., Баришніков І.Ю.*

## **ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РЕЖИМІВ РОБОТИ ТУРБОКОМПРЕСОРА НА ШВИДКІСНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ КДВЗ ВАЗ-11194**

До сучасних автомобільних двигунів ставляться високі вимоги: двигун повинен бути потужним та водночас економічним, надійним та відповідати усім екологічним нормам. Тому перед розробниками сучасних двигунів стоїть досить складне завдання розробити такий двигун. Різні компанії по різному вирішували такі завдання. Але найбільш успішним, на нашу думку є встановлення на двигун турбокомпресора або механічний нагнітача.

Зараз майже кожна автомобільна компанія має у своєму арсеналі двигун з турбокомпресором чи нагнітачем. Наприклад: у компанії BMW – це двигуни BMW TWINPOWER TURBO, у AUDI – це AUDI Bi-turbo, у NISSAN – це

NISSAN GT – EX. Однак найбільшого успіху у розвитку турбодвигунів досягла компанія VOLKSWAGEN, яка об'єднала у своєму двигуні турбокомпресор та механічний нагнітач – технологія отримала назву TSI (twincharged stratified injection).

Більш детально ознайомившись з двигунами з наддувом та оцінивши їхні переваги перед «атмосферними» було поставлене завдання теоретично дослідити, як зміняться параметри двигуна BA3-11194 після встановлення турбокомпресора та механічного нагнітача. Нижче наведена характеристика досліджуваного двигуна:

Кількість циліндрів	4
Номінальна потужність	65,5 кВт (89 к.с.)
Максимальний крутний момент	127 Нм
Паливо	AI-95
Вага	112 кг
Витрата палива	7 л/100 км

Після встановлення на двигун турбокомпресору Garrett GT 17 за попередніми розрахунками без суттєвого зниження ресурсу, ми отримуємо наступні параметри:

Потужність	100 кВт (135 к.с.)
Максимальний крутний момент	180...185 Нм
Витрата палива	7,5 л/100 км
Вага	130 кг
Підвищення вартості двигуна	20000 грн

Якщо скористатися наробками інженерів компанії VOLKSWAGEN та встановити на даний двигун окрім турбокомпресора, ще й механічний нагнітач, то буде забезпечена краща приємність двигуна на різних режимах роботи. Обрано механічний нагнітач компанії Lysholm, оскільки дана компанія у своєму виробі змогла об'єднати малі габаритні розміри та високий ККД. На привід нагнітача буде витрачатися приблизно 15...18 кВт (20...25 к.с.). Але сам нагнітач забезпечить приріст потужності приблизно на 59... 63 кВт (80...85 к.с.) та на 40% приріст крутного моменту.

Таким чином після встановлення турбокомпресора та механічного нагнітача на двигун BA3-11194 ми отримуємо наступну конфігурацію двигуна:

Потужність	145 кВт (195 к.с.)
Максимальний крутний момент	190...200 Нм
Витрата палива	8,5...9 л/100 км
Вага	150 кг
Підвищення вартості двигуна	50000 грн

Отже, з теоретичних розрахунків виходить, що потужність двигуна підвищиться більш ніж у два рази, крутний момент у 1,5 рази. Однак, стандартні

системи та механізми не зможуть забезпечити стабільну та надійну роботу даного двигуна, тому необхідно провести модернізацію:

- впускної та випускної систем;
- газорозподільного механізму;
- паливної системи.

УДК 621.43.03

Слинько Г.І.<sup>1</sup>, Глебов Д.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> д-р техн. наук, проф. ЗНТУ

<sup>2</sup> студ. гр. Т-419М ЗНТУ

*Слинько Г.І., Глебов Д.А.*

## **ОСНОВНІ НАПРЯМКИ МОДЕРНІЗАЦІЇ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ АВТОМОБІЛЬНОГО ДВИГУНА МЕМЗ-301**

Удосконалення сумішоутворення в бензинових двигунах для поліпшення їх основних показників завжди було актуальним завданням. З появою і широким поширенням пристроїв паливоподачі більш високого технічного рівня – систем впорскування палива – проблеми вдосконалення сумішоутворення не втратили своєї важливості і актуальності у зв'язку з постійним підвищенням вимог до екологічних і енергетичних показників автомобільних двигунів. Застосування електронних систем впорскування палива дозволило підняти організацію дозування палива на якісно новий рівень за рахунок електронного управління паливоподачею, в той час як технологія сумішоутворення залишилася на колишньому недостатньо високому рівні, що обмежує можливості подальшого поліпшення екологічних та економічних показників сучасних двигунів.

Аналіз сучасного рівня зовнішнього сумішоутворення в двигунах з впорскуванням бензину показує, що подальше вдосконалення процесів утворення паливо – повітряної суміші вимагає вирішення ряду важливих завдань, зокрема:

- більш повного виявлення закономірностей випаровування бензину при його впорскуванні на нагріту поверхню;
- розвитку теоретичної бази для розрахунку масообмінних процесів при взаємодії палива і повітря;
- розробки науково обґрунтованих принципів конструювання сумішоутворюючих пристроїв для різних схем впорскування бензину;

Навіть часткове вирішення зазначених завдань дозволить реалізувати значну частку наявного резерву підвищення екологічних та економічних показників автомобільних двигунів з впорскуванням палива за рахунок раціональної організації та інтенсифікації процесів утворення паливо – повітряної суміші. З метою більш повного використання потенціалу поліпшення

основних показників двигунів за рахунок вдосконалення сумішоутворення при впорскуванні бензину необхідно також реалізувати додаткові можливості, надані засобами бортової електронної автоматики для управління умовами утворення паливно-повітряної суміші залежно від режимів роботи двигуна.

УДК 662: 621.43

Слинько Г.І.<sup>1</sup>, Тимченко Є.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> д-р техн. наук, проф. ЗНТУ

<sup>2</sup> студ. гр. Т-419М ЗНТУ

*Слинько Г.І., Тимченко Є.В.*

## **ПОРІВНЯННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ТА ВИБІР НАПРЯМКІВ ДОСЛІДЖЕНЬ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ПАЛИВ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ**

Однією з найбільш актуальних проблем сучасного двигунобудування є проблема пошуку моторних палив, які можуть успішно замінити традиційні бензин і дизельне паливо. Це обумовлено поступовим виснаженням нафтових родовищ та безперервним підвищенням цін на нафту і нафтопродукти. За песимістичними прогнозами організації країн – експортерів нафти (ОПЕК) запаси нафти в промислово розвинених країнах вичерпаються вже в найближчому майбутньому (у США – в 2025 р., в Китаї – в 2030 р., в Росії – в 2030 р.). Світові ціни на нафту перевищили небувалий рівень в 100 доларів США за 1 барель нафти, та прогнозується їх подальше зростання. У цих умовах використання на транспорті, в сільському господарстві, інших секторах економіки України палив ненафтового походження, так званих "альтернативних палив", стає не лише необхідним, але і економічно виправданим.

Останніми роками підвищений інтерес проявляється до палив, що отримуються з поновлюваних енергетичних ресурсів рослинного походження, сировинні запаси яких практично не обмежені. В першу чергу – це біопалива, що вироблені з рослинних олій. Ціна таких палив має таку вартість, або навіть нижче ціни палив нафтового походження. Так, за даними на кінець 2013 р. – початок 2014 р., ціна одного літра дизельного палива в Україні склала 10–13 грн.

В Україні найбільш перспективними є палива на основі рослинних культур: рапс, соняшник, соя, льон, арахіс. Ці культури відрізняються непоганою врожайністю і з агрономічної точки зору є сприятливими для поліпшення сівозміни. Отримана при віджимі цих культур макуха (шрот) є цінним білковим продуктом, який може бути використаний для відгодівлі рогатої худоби і інших тварин.

Використання біопалив на базі рослинних олій дозволить не лише замінити нафтові моторні палива альтернативними, але і поліпшити показники токсичності відпрацьованих газів (ВГ). При роботі дизельних двигунів на

біопаливах, як правило, відзначається помітне зменшення емісії токсичних компонентів ВГ. В першу чергу це відноситься до викидів незгорілих вуглеводнів димності ВГ, які при використанні біопалив знижуються в 1,5–2 рази. Крім того, використання палив рослинного походження забезпечує кругообіг вуглекислого газу в атмосфері, оскільки при спалюванні біопалив в двигунах внутрішнього згорання в атмосферу викидається приблизно така ж кількість вуглекислого газу, яка поглинається в процесі вирощування сировини для виробництва біопалива. Це призводить до зменшення викиду в атмосферу парникових газів, і відвертання парникового ефекту, сприяючого глобальному потеплінню і виникненню різних природних аномалій.

Слід зазначити, що за своїми фізико-хімічними властивостями біопалива ближче до дизельних палив, чим до бензинів: вони мають порівняно високу щільність і в'язкість, погану випаровуваність. Тому їх використання можливо лише в дизельних двигунах, що відрізняються меншою чутливістю до властивостей палива. До того ж, дизельні двигуни, працюючи з великою мірою стискування і підвищеними значеннями коефіцієнта надлишку повітря, характеризуються кращими показниками паливної економічності і токсичності ВГ.

В той же час, фізико-хімічні властивості біопалив, відрізняються від властивостей традиційного дизельного палива. Тому при переобладнанні двигунів, що адаптовані до роботи на дизельному паливі, на біопалива, виникає ряд проблем, пов'язаних з організацією робочих процесів, в першу чергу – процесів паливоподачі, розпилювання палива, сумішоутворення і згорання. При цьому можливе порушення початкових регулювань двигуна, погіршення ряду експлуатаційних показників дизельних двигунів, збільшення зносу деталей двигунів і зменшення ресурсу їх роботи. Тому потрібна адаптація двигунів до роботи на цьому виді палива. Найбільш ефективним шляхом адаптації двигунів до роботи на біопаливах являється застосування сумішей палив – дизельного палива і альтернативного. Змінюючи процентний склад палива (дизельне – альтернативне) можна досягти найбільшого наближення властивостей цього палива до властивостей стандартного дизельного палива і забезпечення необхідних показників паливної економічності і токсичності ВГ.

Використання на транспорті біопалив на основі рослинних культур забезпечує вирішення проблеми заміщення нафтових палив, значно розширює сировинну базу для отримання моторних палив, полегшує вирішення питань постачання паливом транспортних засобів і стаціонарних установок. Можливість отримання біопалив з необхідними фізико-хімічними властивостями дозволяє цілеспрямовано удосконалювати робочі процеси дизелів і, тим самим, поліпшити показники паливної економічності і токсичності ВГ.

УДК 621.891: 621.43

Слинько Г.І.<sup>1</sup>, Раковець С.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> д-р техн. наук, проф. ЗНТУ

<sup>2</sup> студ. гр. Т-410 ЗНТУ

*Слинько Г.І., Раковець С.В.*

## **СТАН ТА ПРИЧИНИ ЗНОШУВАННЯ ТУРБІНИ ТУРБОКОМПРЕСОРА ДВИГУНІВ АВТОТРАКТОРНОГО ТИПУ**

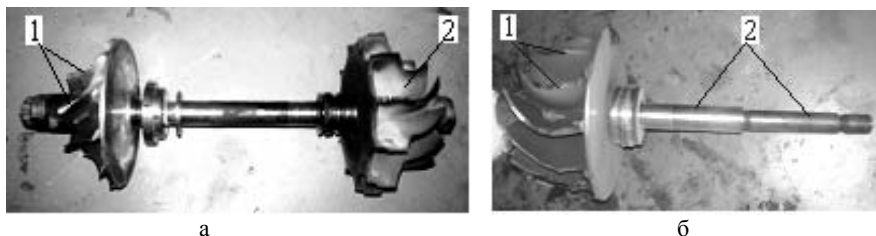
Технічний стан системи турбонаддуву впливає на динаміку повітряного потоку на впуску в циліндри, що обумовлює у наступному характер здійснення термодинамічних процесів і значення показників потужності та економічних показників роботи двигунів внутрішнього згоряння [1].

Основними несправностями турбокомпресорів є:

– перегрів лопаток турбіни, що зовні характеризується зміною їх кольору до коричнево-червоного (рис.1 а);

– недостатнє змащування підшипників ковзання валу мастилом, що характеризується: перегрівом поверхні валу турбіни, колір змінюється із сталевого на темно-синій; появою задирів в місці контакту підшипників ковзання з валом; заклинюванням підшипників ковзання на валу (рис.1 б);

– попадання в турбокомпресор дрібних частинок з циліндрів двигуна, що характеризується: наявністю зламів лопаток на роторі турбіни; руйнуванням внутрішньої поверхні корпусу турбіни (рис.1 а,б).



а – вал в зборі з колесом компресора, турбіни і підшипником: 1 – злам лопаток; 2 – перегрів лопаток; б – ротор: 1 – злам лопаток; 2 – пошкодження поверхні валу.

Рисунок 1 – Несправності елементів турбокомпресора.

В даній роботі розглядаються питання щодо покращення експлуатаційних характеристик деталей турбокомпресора, які працюють в агресивному високотемпературному режимі. Такими деталями є колесо турбіни та вал ротора.

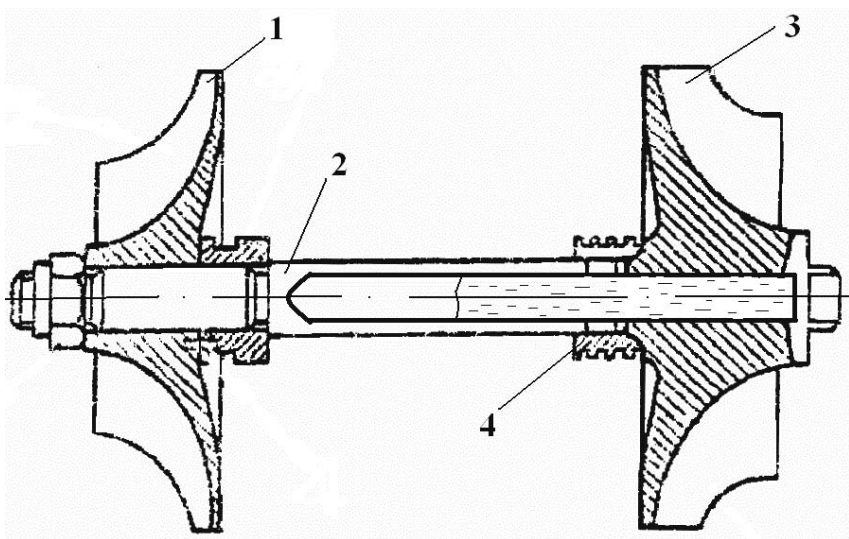
Колесо турбіни виготовляють із міцних корозійностійких сплавів. Зверху покриваються нікелевим сплавом. Витримують температури роботи до 760 С. Основні вимоги: стійкість до зношування, до деформацій, до корозії.



Так як колесо турбіни працює в високотемпературному режимі, є доцільність винайти певні способи щодо зниження температури нагрітих деталей.

Пропонується внести конструктивні зміни в колесо турбіни та вал ротора. Нова конструкція має бути аналогічною конструкції випускного клапана ДВЗ. Тобто, вал ротора має бути порожнім. Всередині цю порожнину необхідно на  $\frac{2}{3}$  об'єму заповнити металічним натрієм (рис. 2). При нагріванні вала до  $100^{\circ}\text{C}$  натрій розплавляється, перетворюючись в рідину. Цей розплав хлюпочеться в каналі стержня вала та відводить тепло від колеса турбіни в стержень. Далі тепло передається на підшипник ковзання, де поглинається системою змащування та виводиться мастилом з турбокомпресора.

Дана конструкція допоможе знизити температуру нагріву деталей приблизно на  $80 \dots 100^{\circ}\text{C}$ , що є важливим показником при врахуванні максимальної температури нагріву ( $760^{\circ}\text{C}$ ).



1 – колесо компресора ; 2 – вал ротора; 3 – колесо турбіни; 4 – ущільнення.  
Рисунок 2 – Схема модернізованої турбіни турбокомпресора ДВЗ автотракторного типу.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Хак Г. Турбодвигатели и компрессоры [Текст]: Справочное пособие / Г. Хак, Лангкабель. – М.: ООО «Изд-во Астрель», 2003. – 351 с.

УДК 620.1: 621.43

Слинько Г.І.<sup>1</sup>, Мануйлов Е.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> д-р техн. наук, проф. ЗНТУ

<sup>2</sup> студ. гр. Т-410 ЗНТУ

*Слинько Г.І., Мануйлов Е.В.*

## **МАТЕРІАЛ З ПОКРАЩЕНИМИ ТРИБОЛОГІЧНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ ДЛЯ ОПОРНИХ ПІДШИПНИКІВ ТУРБОКОМПРЕСОРІВ АВТОМОБІЛЬНИХ ДВИГУНІВ**

В сучасному автомобільному двигунобудуванні важливим напрямком є підвищення надійності та довговічності турбокомпресорів. Одним з найбільш відповідальних вузлів турбокомпресорів є підшипниковий вузол. Найбільше розповсюдження серед опорних підшипників отримали підшипники ковзання, які працюють в мастильному середовищі. Частота обертання ротора турбокомпресора може досягати  $300000 \text{ хв}^{-1}$ . В разі зриву мастильного клину може з'явитись граничне тертя без мастильного середовища. В цьому разі трапляється аварійне зношування матеріалу підшипника. Сучасні матеріали підшипників турбокомпресорів досліджені не до кінця, особливо їх трибологічні властивості. Завдання постає в удосконаленні матеріалу та підвищенні його трибологічних властивостей.

Для турбокомпресорів автомобільних двигунів добре зарекомендував себе сплав фосфорної бронзи з високим вмістом свинцю, який долає сухе затирання, що пов'язане з холодним запуском двигуна, та інгібує стирання.

Однак зараз використовують кований кремнієво-латунний сплав через високі швидкості турбін та більш високі температури відпрацьованих газів двигунів, працюючих на збіднених паливо-повітряних сумішах. Вважають, що латунь більш стійка до стирання. Підшипники з цього сплаву здатні витримувати високі швидкості тертя, і в той самий час більш стійкі до впливу кислот деградованих мастил [1].

Олов'яниста бронза охоплює цілий ряд сплавів міді та олова, які містять від 5% до 12% олова. Вміст олова покращує міцність та трибологічні властивості підшипників. При вмісті олова нижче 5% міцність та зносостійкість підвищується не значно, але при вмісті вище 12% олова сплави стають крихкими та важкооброблюваними. [1].

Свинцеві бронзи містять свинець в невеликих кількостях (1...2%), щоб покращити оброблюваність. Подальше додавання свинцю, приблизно до 30%, значно покращує трибологічні властивості, але й значно зменшує механічні властивості – міцність та опір втомі [1].

З алюмінієво-кремнієвих сплавів, сплав із вмістом 11% кремнію та 1% міді, має найкращі показники міцності, взаємозамінності та високу стійкість до корозії. Останній показник перевищує свинцеву бронзу. В особливо навантажених високошвидкісних двигунах робочі температури мастила можуть досягати 170 °С. При цьому може трапитись швидке розшарування мастила. Зносостійкість такого сплаву вище, ніж у бабітів із свинцевою основою, завдяки неметалічній природі кремнію, який не має твердої фази, що зварюється з валом в умовах зношування [2].

Модернізація підшипника постає у застосуванні бронзового сплаву, який містить 5% графіту, 10% олова [1]. Пористість сплаву досягає 20%. Завдяки цьому на поверхні підшипника затримується мастило навіть в разі виникнення граничного тертя внаслідок зриву мастильного клину. Вільний графіт, що знаходиться на поверхні, вбирає в себе мастило. Якщо виникає сухе тертя, графіт знижує силу тертя, а звідси і зношування матеріалу підшипника. В той самий час графіт має високу твердість, що підвищує зносостійкість підшипника. Цей сплав відносно дешевий порівняно з іншими бронзовими сплавами. Даний сплав здатний працювати при температурах до 350 °С на поверхні підшипника. Коефіцієнт тертя ковзання цього сплаву по сталі складає 0,16 при змащуванні. Висока твердість поверхневого шару підшипника зменшує ймовірність задиру та захоплювання поверхні вала турбокомпресора.

Дана модернізація підвищує трибологічні властивості підшипника під час його роботи в умовах граничного або сухого тертя між опорним підшипником та ротором турбокомпресора автомобільних двигунів. Такі умови тертя можуть з'являтися при змащенні в'язким мастилом, що не забезпечує покриття всієї контактної площі пари тертя; під час зриву мастильного клину, що викликане швидким розкручуванням валу турбокомпресора; при низькому тиску мастила на поверхні пари тертя.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Cost-Effective Manufacturing: Copper Alloy Bearings [Text] // Copper Development Association, CDA Publication TN45. – 1971. – 44 p.
2. Convey-Jones, J.M. and Pratt, G.C. [Text] // Recent experience and developments in bearings for diesel engines, 12<sup>th</sup> CIMAC Conference, Tokyo. – 1977.

## **ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТУ ПОВЕРХНЕВОГО ЗМІЦНЕННЯ ЗАЛІЗОВУГЛЕЦЕВИХ СПЛАВІВ ЗА ЇХ СТАТИЧНИМИ ТА ЦИКЛІЧНИМИ АЕ-ХАРАКТЕРИСТИКАМИ**

Основним фактором, що стримує розв'язання задачі підвищення роботоздатності конструкцій під дією періодичних навантажень, є недосконалість сучасних методів оцінювання технічного стану конструкцій та їх залишкового ресурсу, особливо при використанні неруйнуючих методів контролю. Такий стан проблеми зумовлений складністю визначення реального НДС локальних об'ємів матеріалу після застосування різних методів поверхневого пластичного зміцнення, зокрема обробки кульками, які коливаються з ультразвуковою частотою. Одним з перспективних напрямків є застосування методу АЕ, оскільки для гетерогенних матеріалів акустична емісія адекватно відображає особливості деформаційних процесів у матеріалі протягом усього процесу його деградації до самого руйнування.

Встановлено, що АЕ характеристики, отримані в результаті статичного ступінчастого навантаження зразків залізобуглецевих сплавів, несуть інформацію про ширину «вільної» зони між частинками твердої фази, в яку протискаються рухомі дислокації при деформуванні локального об'єму. Це дає можливість якісно оцінити ефект зміцнення матеріалу при виборі режиму поверхневої обробки матеріалу. Прямого зв'язку між параметрами статичних АЕ характеристик і характеристиками опору багатоцикловій втомі не встановлено.

Інформацію про механічну поведінку залізобуглецевих сплавів в умовах багатоциклової втоми несуть АЕ характеристики, отримані за ступінчастого навантаження зразків циклічними напруженнями, тривалість дії яких на кожному рівні навантаження не перебільшує тривалості інкубаційного періоду втомного руйнування при критичних напруженнях. Напруження, що відповідає точці зламу циклічної АЕ характеристики певного матеріалу у певному технічному стані, є пропорційним його границі витривалості.

Оцінювати характеристики опору втомі залізобуглецевих сплавів після їх поверхневого зміцнення можливо також за величиною швидкості рахування АЕ, яку фіксують при певному значенні амплітуди напружень циклу на стадії мікроплинності матеріалу.

УДК 621.412

Мазін В.О.<sup>1</sup>, Сухонос Р.Ф.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

<sup>2</sup> старш. лаб. ЗНТУ

*Мазін В.О., Сухонос Р.Ф.*

## **ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СТАЦІОНАРНИХ УСТАНОВОК З ДВИГУНАМИ СТИРЛІНГА**

В сучасних умовах глобального погіршення екологічного стану навколишнього середовища і наступаючої нестачі природних копалин слід приділяти більше уваги альтернативним джерелам енергії та засобам їх використання, таким як двигуни Стирлінга (ДС). ДС приводяться до дії підведенням теплової енергії ззовні через стінку теплообмінника. Перспективними джерелами енергії для них можуть слугувати:

- сонячне випромінювання;
- геотермальна енергія Землі;
- спалювання відходів промислового та сільськогосподарського виробництва, продуктів життєдіяльності великих міст;
- використання бросових джерел тепла, які зазвичай втрачаються.

У порівнянні з ДВЗ та паровими турбінами, ДС мають простішу конструкцію, широкий вибір джерел теплової енергії, які можуть бути взаємозамінними, нижчий рівень шуму через відсутність спалахів палива, більшу надійність внаслідок меншої жорсткості роботи двигуна. При спалюванні будь-яких палив завдяки регулюванню подачі та вигідному закону згоряння, підтримується сталим оптимальне значення коефіцієнту надлишку повітря, що має за наслідки зменшення токсичності викидів димових газів, та більшу економічність порівняно з двигунами внутрішнього згоряння (ДВЗ).

Попри зазначені переваги, порівнюючи ДС та ДВЗ однакової потужності, ДС зазвичай:

- мають більшу питому масу, як результат більшої металоємності (найпростіші ДС мають подвійну кількість деталей «циліндр-поршень-шатун або шток»);
- використовується стиснутий газ у замкнутому об'ємі, що вимагає високоякісних ущільнень, та підтримки високого тиску газу (до 15 МПа) задля досягнення більшої потужності ДС;
- вимагаються високоякісні теплообмінники;
- мають більшу теплову інерційність, складніші у регулюванні, яке відбувається за рахунок зміни тиску робочого тіла (тоді необхідна додаткова ємність для газу) або зміни мертвого об'єму (що веде до погіршення характеристик ДС).

З наведених даних випливає, що ДС мають динамічні характеристики гірші, порівняно з ДВЗ. Тому найбільш доцільне використання ДС на сталій частоті обертання, без перехідних режимів.

Враховуючи це, а також більшу питому масу ДС, найбільш вигідне їх використання у складі нерухомих (стаціонарних) установок. Також можливе використання ДС у різного роду експедиціях. В зазначених умовах реалізується найбільша перевага ДС – можливість роботи на різних паливах, легкий перехід між видами палив.

В сільському господарстві та в промисловості близько третьої частини використовуваних ДВЗ та електродвигунів невеликої потужності (до 10 кВт) може бути замінено на ДС, які працюють на паливі з відходів. Це промислові відходи (кам'яновугільний пек, залишки перегонки нафти, деревна стружка, балансова деревина, лігнін), сільськогосподарські відходи (солома, сонячна лузга) та побутові відходи, а також кам'яне та деревне вугілля, торф, олії тощо.

Паливо може бути рідким, газовим, твердим. Тверде паливо подрібнюється (деревина), або пресується в пелети чи брикети (стружка, солома, лігнін).

З розглянутих особливостей використання ДС робимо висновок про необхідність розробки, виготовлення та використання у промисловості серійних зразків ДС, що сприяють значній економії кам'яного вугілля, природного газу, нафти та продуктів її переробки за рахунок спалювання побутових, промислових та сільськогосподарських відходів.

УДК 504.064.4

Рябошапка Н.Є.

старш. викл. ЗНТУ

*Рябошапка Н.Є.*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ РІВНОМІРНОСТІ НАГРІВАННЯ ВУГЛЕГРАФІТОВИХ ВИРОБІВ В ОБПАЛЮВАЛЬНИХ ПЕЧАХ**

Проведення активного експерименту на промисловому об'єкті повинне задовольняти основним вимогам виробництва: збереженню продуктивності праці і заданої якості продукції. Це обмежує крок варіювання вхідних параметрів, які можуть мати лише невеликі відхилення, що лежать в межах допустимих технологічним регламентом.

У серії дослідів по дослідженню статички печі вивчена можливість оптимізації управління технологічним процесом обпалення електродів. Критерієм обрано витрату газу на одну піч. Метою дослідження було з'ясування залежності витрати газу від розрідження в обпалювальних камерах і подання вторинного повітря.

Методика експерименту полягала в тому, що при поступовій зміні розрядження і подання вторинного повітря відшукувався максимум температури

в кожній камері при постійній витраті газу, потім подання його в камеру відповідно варіювалося так, щоб витримати задану температуру в кожній камері печі. Розрядження змінювалось за допомогою елемента і димовідсмоктувача. Витрата газу на усю піч реєструвалася за допомогою автоматичного витратоміру. Управління поданням вторинного повітря відбувалось шляхом обертання відповідних шайб інжекторних пальників. Для усунення неконтрольованих підсосів повітря зведення камер були ретельно ущільнені шамотним розчином.

Всього проведено п'ять дослідів, які дали аналогічні результати. Зокрема, в одному з випадків в хвостових камерах розрідження складало 18,6 і 15,0 мм вод ст, а у вогневих камерах – 2,0 і 1,4 мм вод ст відповідно. Шайби, що регулюють подання вторинного повітря, були частково відкриті на усіх камерах печі, в які подавався газ. Витрата його при цьому складала 230  $\text{nm}^3/\text{год}$  на усю піч. В процесі дослідів спочатку було зменшено подання вторинного повітря в перші п'ять камер на 1,0...1,5 оборота шайби, на інших камерах кожного вогню подання повітря повністю припинилося. На перших п'яти камерах (починаючи від вогневої) повітря подавалось в тим меншому об'ємі, чим далі ця камера знаходилася від вогневої. У вогневу камеру вторинне повітря подавалось в найбільшому об'ємі. Потім зменшили розрідження до 14,0 і 11,8 мм вод ст в хвостових камерах, що призвело до зменшення розрідження у вогневих камерах до 1,3 і 1,0 мм вод ст відповідно.

В результаті кожної з операцій температура в усіх камерах стала збільшуватися. Це компенсувалось зменшенням подання газу в камери вручну. Після того був досягнутий заданий температурний режим, витрата газу з печі зменшилася до 200  $\text{nm}^3/\text{год}$ . Це дає можливість вважати за необхідне управління процесом горіння по витраті газу шляхом дії по каналах розрідження – температура і подання вторинного повітря – температура.

УДК 504.064.4

Рябошапка Н.Є.<sup>1</sup>, Мурко А.П.<sup>2</sup>

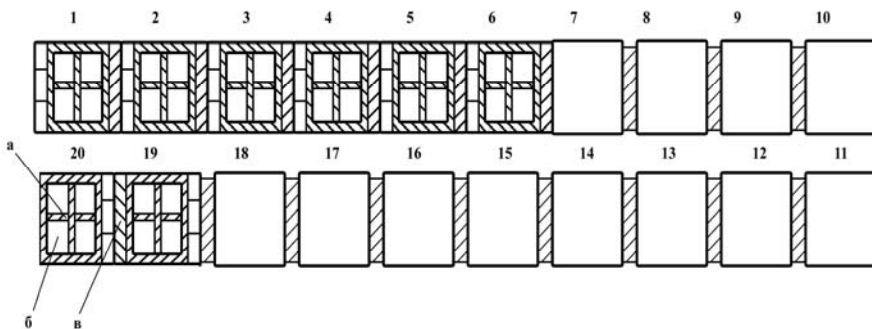
<sup>1</sup>старш. викл. ЗНТУ

<sup>2</sup>студ. гр. М-712 ЗНТУ

*Рябошапка Н.Є., Мурко А.П.*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗПОДІЛУ ТЕМПЕРАТУР В КАМЕРАХ ПЕЧЕЙ ОБПАЛЮВАННЯ**

Багатокамерні печі обпалювання являють собою систему, яка складається з окремих камер, з'єднаних між собою каналами для передачі продуктів згоряння з однієї камери іншу. Кожна камера устаткована газовими горілками. Вуглеграфітові вироби розташовують в спеціальних муфелях.



а – камера обпалення; б – муфель з вуглеграфітовими виробами;  
в – простінок камери.

**Рисунок 1** – Схема багатокамерної обпалювальної печі.

Необхідний режим охолодження забезпечується за рахунок подачі холодного вентиляційного повітря із камери в камеру. При цьому повітря поступово нагрівається до температури  $700...800\text{ }^{\circ}\text{C}$  і використовується для палення палива в топках. Продукти згоряння з топок надходять під склепіння робочої камери каналами, які розташовано в простінках печі і забезпечують нагрівання виробів в засипці. Товщина засипки в верхній частині касети не менш  $300\text{ мм}$ , в нижній – не менш  $100\text{ мм}$ , а між заготовками – від  $30$  до  $50\text{ мм}$ .

В печах такого типу можна організувати тільки достатньо прості температурні режими з монотонною зміною температури. Зону попереднього нагрівання заготовки в них організувати практично неможливо. Швидкість і рівномірність нагрівання заготовок до температури  $600\text{ }^{\circ}\text{C}$  повинні відповідати умовам другого періоду рекомендованого режиму обпалення вуглеграфітових заготовок.

Відомі експериментальні дані не дають можливість встановити закономірності співвідношення зміни температури в різних частинах камери і в заготовках. Відомо, що чим повільніше відбувається процес обпалення, тим температурне поле заготовки і зміна температур в камері більш рівномірні.

Також причиною виникнення значних перепадів температур в самих заготовках і між газом під склепінням печі і заготовками, є значний тепловий опір засипки.



УДК 669.15: 661.8.41

Цокотун П.В.<sup>1</sup>, Грузков Я.Є.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> старш. викл. ЗНТУ

<sup>2</sup> студ. гр. Е-510 ЗНТУ

*Цокотун П.В., Грузков Я.Є.*

## **НЕСТАЦІОНАРНА ТЕПЛОПРОВІДНІСТЬ ПРЯМОКУТНОЇ ПЛАСТИНИ БЕЗ ВНУТРІШНІХ ДЖЕРЕЛ ТЕПЛА**

Розглянемо найпростіший випадок нестационарної теплопровідності, нагрівання обмеженої металевої пластини за умов відсутності в ній внутрішніх джерел теплоти та сталості її коефіцієнта теплопровідності. Для вирішення даної задачі використаємо метод розділення змінних (метод Фур'є). У початковий момент часу ( $\tau = 0$ ), перед подачею теплоти, коли температура в пластині розподілена рівномірно

$$T_{пов.}^{поч.} = T^{поч.}, \text{ або } T(x, 0) = T^{поч.}, \quad (1)$$

межові умови III-роду на поверхні теплообміну

$$\lambda \left( \frac{\partial T}{\partial x} \right) \Big|_{x=\delta} = \alpha [T_c - T(\delta, \tau)], \quad (2)$$

умови симетрії

$$\lambda \left( \frac{\partial T}{\partial x} \right) \Big|_{x=0} = 0. \quad (3)$$

Після математичного розв'язку задачі одержимо залежність

$$T(x, \tau) = \sum_{k=1}^{\infty} A_k \cos(\mu_k x) \exp(-\mu^2 F_o) \quad (4)$$

При підстановці чисельних значень одержимо розподіл температури в кожній точці пластини для певного моменту часу.

УДК 669.15: 661.8.41

Цокотун П.В.<sup>1</sup>, Супрун О.І.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> старш. викл. ЗНТУ

<sup>2</sup> студ. гр. Е-510 ЗНТУ

*Цокотун П.В., Супрун О.І.*

## **ЧИСЕЛЬНІ МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ ТЕМПЕРАТУРНИХ ПОЛІВ (ДВОВИМІРНЕ НЕСТАЦІОНАРНЕ ТЕМПЕРАТУРНЕ ПОЛЕ) ПРЯМОКУТНОЇ ПЛАСТИНИ**

Одним із методів чисельного вирішення диференціальних рівнянь теплопровідності є метод кінцевих різниць або метод сіток, який є широко розповсюдженим.

Розглянемо одномірне нестационарне температурне поле прямокутної кінцевої пластини. Розрахункові співвідношення метода кінцевих різниць одержимо заміною членів диференційного рівняння теплопровідності

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \quad (1)$$

відношеннями кінцевих різниць

$$\begin{aligned} \frac{T_i^{j+1} - T_i^j}{\Delta \tau} &= a \frac{T_{i-1}^j - 2T_i^j + T_{i+1}^j}{\Delta x^2}, \\ \frac{T_i^{j+1} - T_i^j}{\Delta \tau} &= a \frac{T_{i+1}^{j+1} - 2T_i^{j+1} + T_{i-1}^{j+1}}{\Delta x^2}. \end{aligned} \quad (2)$$

Розрахунок полягає у визначенні температур наступного ряду  $j+1$  за відомими температурами попереднього ряду  $j$ , починаючи з нульового ряду і закінчуючи кінцевим  $N$ -рядом.

В результаті розрахунку одержимо чисельне температурне поле, за допомогою якого можливо побудувати криві прогріву прямокутної пластини в певний момент часу.

УДК 62-9

Касіч-Пилипенко С.В.

старш. викл. ЗНТУ

*Касіч-Пилипенко С.В.*

### **РОЗРАХУНОК ВИТРАТ ПИТНОЇ ВОДИ ПРИ ПОШКОДЖЕННІ ВОДОГОНУ АБО ПРИ ПІДКЛЮЧЕННЯХ БЕЗ ПРИЛАДІВ ОБЛІКУ**

Розглядаються основні аспекти щодо визначення реальних об'ємів води, яка витікає при пошкодженні водогону або заборі води без приладів обліку. Приведена методика розрахунку. Надано перелік значимих факторів, що впливають на витрати води. Приведені приклади розрахунку, та методи об'єктивної оцінки фізичних величин та природних факторів, які мають вплив.

Розрахунки призначенні для урегулювання комерційних спорів між суб'єктами господарської діяльності.

УДК 62-82

Касіч-Пилипенко С.В.<sup>1</sup>, Павлятенко І.М.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> старш. викл. ЗНТУ

<sup>2</sup> студ. гр. М-212 ЗНТУ

*Касіч-Пилипенко С.В., Павлятенко І.М.*

### **ГІДРОДИНАМІЧНІ ПЕРЕДАЧІ**

Гідродинамічна передача здійснюється перетворенням механічної енергії двигуна в енергії потоку рідини, а потім перетворенням енергії потоку рідини в механічну енергію робочого органу.

В машинобудуванні найбільше розповсюдження набули два види гідродинамічних передач: гідротрансформатори та гідромуфти, які відрізняються високим ККД – до 85% та 98% відповідно.

Обертові моменти на входному та вихідному валах гідротрансформатора відрізняються на більшості режимів роботи. Гідромуфти слугують для передачі крутного моменту без змін.

Головна конструктивна відмінність гідротрансформатора від гідромуфти – наявність неактивного колеса (реактора), яке у більшості випадків нерухоме.

УДК 629.645

Стукалов К.О.

асист. ЗНТУ

*Стукалов К.О.*

### **ВПЛИВ ЗМІНИ ТИСКУ У ТУРБОКОМПРЕСОРИ НА ШВИДКІСНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИЗЕЛЬНОГО ДВЗ**

Максимальні швидкісні характеристики, отримані при використанні додаткової аеродинаміки, не можуть допомогти в одержанні якісного прискорення на багатьох автомобілях. Класичний спосіб підвищити швидкість і прискорення полягає в тому, щоб використовувати двигун більшого об'єму, що у свою чергу збільшує витрату палива і кількість відпрацьованих газів.

Новий, і істотно кращий спосіб поліпшити нагнітання повітря в двигун полягає у використанні міні-турбіни, встановленої в заборнику повітря з електричною системою нагнітання в підкапотному просторі. Така система значно поліпшує ефективність двигуна, що у свою чергу, сприяє зменшенню витрати палива, поліпшує якість відпрацьованих газів, знижуючи показники СО і значно продовжуючи термін служби каталізаторів, і збільшує крутний момент двигуна.

Високий крутний момент, є тільки у відносно вузькому діапазоні числа обертів. Зокрема, у деяких турбо-дизельних (бензинових) двигунів спостерігається дуже поганий показник прискорення, коли у відповідь на зміну поло-

ження педалі газу двигуну необхідно якийсь час, щоб збільшити потужність і прискоритися.

Перевагою електричних турбо-систем є ефективність нагнітання повітря у всьому діапазоні обертів двигуна, навіть коли він тільки запустився - повітря, що нагнітається, вже є присутнім у впускному колекторі.

УДК 621.1

Євсєєва Н.О.

асист., ЗНТУ

*Євсєєва Н.О.*

## **ОСОБЛИВОСТІ ЧИСЕЛЬНИХ РОЗРАХУНКІВ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ПРОЦЕСІВ**

Теплофізичні процеси являють собою сукупність теплових, масообмінних, механічних, хімічних, фазових та інших явищ, що протікають в технічних і технологічних об'єктах металургії та машинобудування, наприклад, при формуванні зливків у виливницях, твердінні металу в машинах безперервно-го лиття заготовок та їх охолодження за різними режимами. Названі теплотехнології складають важливі окремі теплові задачі, які базуються на фізико-математичних моделях об'єкта або явища. Фізико-математичні моделі, дозволяють докладно урахувати особливості дійсних теплофізичних процесів.

Основою теплофізичних процесів, що розглядаються в системах металургії та машинобудування є теплопровідність при певних граничних умовах існування систем. Як вже було відмічено подібні задачі розв'язуються чисельними методами, зокрема, методом кінцевих різниць (методом сіток). Зазначимо, що метод кінцевих різниць на сьогодні є єдиним методом, що дозволяє ефективно вирішувати нелінійні рівняння теплопровідності. Сутність метода кінцевих різниць полягає у тому, що поле «дії» шуканої функції замінюється на дискретно розташовані точки або вузли сітки, для яких похідні, що входять до диференційного рівняння, замінюються на відповідні наближені різнісні відношення цієї функції. В результаті такої заміни диференційні рівняння зводяться до системи алгебраїчних рівнянь, вирішення яких здійснюється за допомогою комп'ютерних програм і дає чисельне наближене вирішення поставленої задачі. Основними вимогами, які пред'являються до апроксимуючої системи алгебраїчних рівнянь, є: стійкість вирішення цих рівнянь, порядок похибки апроксимації, простота, економічність (час відліку, об'єм потрібної пам'яті). Здійснюючи заміну похідної на те чи інше кінцево-різничне відношення, необхідно прагнути до виконання цього можливо з меншою похибкою, не застосовувати, однак, надлишок апроксимуючих виразів. Отже, диференційне рівняння теплопровідності може бути апроксимованим системою алгебраїчних рівнянь, складених у явній, неявній і шеститочечній формах.

Вирішення кінцево-різничного рівняння називається стійким, якщо малі похибки, що утворюються у процесі вирішення (наприклад, при округленні),

зникають або залишаються досить малими при безмежному зростанні номера інтервалу часу. У протилежному випадку вирішення кінцево-різничного рівняння буде нелінійним.

Останнім часом розроблені методи чисельного вирішення багатовимірних диференціальних рівнянь математичної фізики, які засновані на так званих економічних системах кінцево-різничної апроксимації. Економічними кінцево-різничними схемами є такі, використовуючи які для переходу до визначення невідомої функції на наступному часовому шарі необхідно виконати кількість арифметичних дій, пропорційну до кількості невідомих значень або до кількості вузлів сітки.

В заключенні можливо підкреслити, що для теплофізичних процесів розрахунки виконуються аналогічними розв'язанням граничних задач теплопровідності та пружності в безрозмірному вигляді параметрів.

УДК 621.1

Євсєєва Н.О.<sup>1</sup>, Марчук М.С.<sup>2</sup>

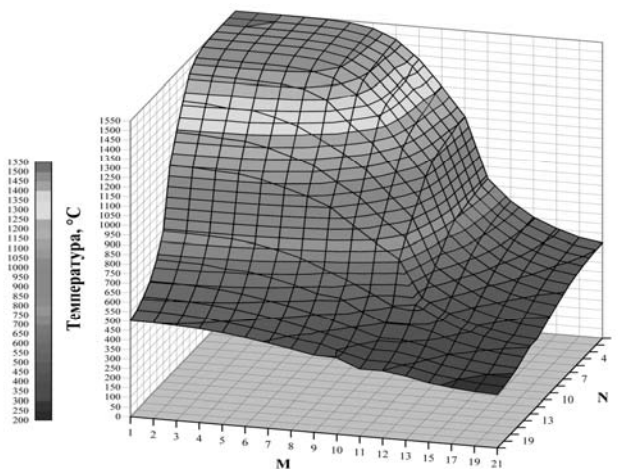
<sup>1</sup> асист., ЗНТУ

<sup>2</sup> студ. гр. ІФ-413 ЗНТУ

*Євсєєва Н.О., Марчук М.С.*

## АЛГОРИТМ МАТЕМАТИЧНОГО РОЗРАХУНКУ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ТЕПЛОВОЇ СИСТЕМИ

Алгоритм розрахунку температурного поля системи циліндричної форми викладено в наступній послідовності. Розглянемо систему рівнянь вздовж осі  $r$  (рис.1).



**Рисунок 1** – Розподіл температурного поля циліндричної системи.  
На підставі граничної умови отримаємо

$$t_{1,p}^{k+1/2} - t_{12,p}^{k+1/2} = 0. \quad (1)$$

Якщо радіус  $R_1$  поділений на  $N_1-1$  елементарних ділянок,  $\Delta r_1 = R_1/(N-1)$ . З виразу (1) отримаємо  $N_1-2$  рівнянь. На основі граничних умов маємо

$$t_{1,N_1-1,p}^{k+1/2} - (1 + \Lambda) t_{1,N_1,p}^{k+1/2} + \Lambda t_{1,N_1+1,p}^{k+1/2} = 0, \quad (2)$$

де

$$\Lambda = \lambda_2(t) \cdot \Delta r_1 / \lambda_1(t) \cdot \Delta r_2. \quad (3)$$

Якщо товщина стінки поділена на  $N_1 - N_2$  елементарних ділянок  $\Delta r_2 = (R_2 - R_1)/(N_2 - N_1)$ . Отримаємо наступне рівняння

$$t_{2,N_2-1,p}^{k+1/2} - (1 + Bi_2) \cdot t_{2,N_2,p}^{k+1/2} = -Bi_2 \cdot t_c, \quad (4)$$

де критерій Біо

$$Bi_2 = \frac{\alpha_c \cdot \Delta r_2}{\lambda_2(t)}. \quad (5)$$

Отже, для визначення температури у  $N_2$  вузлах сітки вздовж осі  $r$  маємо рівняння  $N_1 - 2 + N_2 - N_1 - 1 = N_2 - 3$  і три рівняння (2), (3) і (5), тобто система рівняння є замкненою.

При утворенні на поверхні теплової взаємодії, враховується граничними умовами. Обчислюючи розподіл температури у системі, для кожного інтервалу часу знаходять товщину  $\Delta$ . Перевіряємо, чи витримає товщина, що утворилася, гідростатичний тиск (значення тимчасового опору  $\sigma_v$  за даної температури повинен бути відомим).

Оскільки розглядувана задача вирішується у нелінійній постанові, необхідно враховувати залежність теплофізичних характеристик матеріалів системи.

Запропонована модель та алгоритм розрахунку, які можливо використати для дослідження процесів у системі, а також для визначення оптимальних технологічних параметрів і динаміки цього процесу.

УДК 371.315.7

Пугачов Г.О.

канд. техн. наук, доц ЗНТУ

*Пугачов Г.О.*

## **ІНОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОРГАНІЗАЦІЇ І ПРОВЕДЕННЯ ПРАКТИЧНИХ І САМОСТІЙНИХ ЗАНЯТЬ З КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРАФІКИ**

Досвід впровадження комп'ютерних технологій й автоматизованих систем при вивченні графічних дисциплін, розроблені навчальні комп'ютерні програми й методичні вказівки в електронному вигляді показали раціональність використання їх в умовах недостатньої початкової підготовки в середніх навчальних закладах і дефіциту годин аудиторних занять.

Використання навчальних програм для рішення метричних і позиційних задач нарисної геометрії в комп'ютерному класі дозволяє кожному студенту одержувати необхідні теоретичні знання й практичні навички покрокового рішення індивідуальних завдань.

Інтерактивна форма програм дозволяє одержувати одночасно навчально-консультаційну і контрольну функції.

Завдання виконуються послідовно-паралельно на екрані монітора і вручну на креслярському папері. Функція викладача – індивідуальна невідкладна допомога в питаннях взаємодії студента з комп'ютером.

Завдання по схемам електричним принципів виконуються у два етапи. У графічній системі ACAD з використанням бази УГП виконується індивідуальна схема, зберігається на флешку й оформляється на принтері в «тверду» копію.

На другому етапі викреслюється схема вручну на формат А3. Роботи завершуються в години самостійної роботи і на консультаціях.

Впровадження в навчальний процес комп'ютерних технологій не заміняє традиційні заняття по інженерній графіці, а послідовно-паралельно об'єднує їх при одержанні початкових навичок виконання креслень.

Використання методів комп'ютерної графіки дозволяє на сучасному рівні вирішувати задачі професійної підготовки студентів технічних спеціальностей до умов сучасного виробництва.

УДК 744.004.92

Сумський В.І.<sup>1</sup>, Корнієнко О.Б.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

<sup>2</sup> викл. ЗНТУ

*Сумський В.І., Корнієнко О.Б.*

## **АКТУАЛЬНІСТЬ ВИКОНАННЯ КІНЕМАТИЧНИХ ТА ГІДРАВЛІЧНИХ СХЕМ З ВИКОРИСТАННЯМ КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРАФІКИ ДЛЯ МАШИНОБУДІВНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ**

Кінематична схема може відображати будову механізму в масштабі або без дотримання масштабу.

Принципова кінематична схема повинна відображати кінематичні зв'язки як механічні, так і немеханічні, що передбачені виконуючих органів, між окремими парами, ланцюгами і групами, а також зв'язки із джерелом руху.

На структурній схемі відображують всі основні функціональні частини виробу (елементи, пристрої) і основні взаємини між ними.

На функціональній схемі відображають функціональні частини виробу, які приймають участь в ілюстрованій схемі процесі, і зв'язки між цими частинами.

Гідравлічна схема – це конструкторський документ, що відбиває путь проходження гідравлічної рідини, в результаті якої рідина виконує роботу. Для того, щоб гідравлічна рідина могла виконувати роботу, потік рідини повинен поступати в силовий привід або мотор, а потім повернутись в ємність.

Кожний елемент повинен мати позиційне позначення, яке складається із літерного позначення і порядкового номера. Літерне позначення повинно бути скороченим найменуванням елемента, складене із початкових або характерних літер.

Гідравлічні схеми в залежності від їх основного призначення розділяють на такі види:

- структурні,
- принципіві,
- з'єднання.

На виробництві кінематичними схемами користуються при вивченні виробу, для виконання кінематичних розрахунків, визначення напрямку обертання, числа обертів, подач, а також при складанні, регулюванні, випробуванні, налагодженні. Кінематичною схемою прийнято вважати графічне зображення механізму з використанням умовних позначень ланцюгів і кінематичних пар.

В теперішній час побудова даних видів схем відбувається із використанням наступних нормативних документів:



- ГОСТ 2.101–84. ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению;
- ГОСТ 2.703–68. ЕСКД. Правила выполнения кинематических схем;
- ГОСТ 2.704–76. Правила выполнения гидравлических и кинематических схем.

Комп'ютерна графіка дозволяє швидко і чітко отримати необхідне уявлення про відтворену гідравлічну, кінематичну схему; миттєво отримати необхідні креслення для їх побудови.

Практика останніх років показує, що для розрахунку геометрії механізмів використовуються спеціальні комп'ютерні програми, такі як MathCAD, AutoCAD, Компас, AutoDesk INVENTOR – в яких вже враховані і автоматизовані умови і вимоги ЕСКД. Такі програмні продукти дозволяють оптимізувати і скоротити витрати робочого часу персоналу.

УДК 669.715

Лютова О.В.

канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

*Лютова О.В.*

## **ВИКОРИСТАННЯ ВТОРИННИХ АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ У ТРАНСПОРТНОМУ МАШИНОБУДУВАННІ**

Завдяки малій щільності, достатньо високій питомій міцності, добрій корозійній стійкості алюмінієві сплави за об'ємами застосування займають друге місце після сталі та чавуну. Основні галузі використання алюмінієвих сплавів це авіація та ракетобудування, залізничний транспорт та метро, автомобільна та електротехнічна промисловість, будівельна індустрія, пакувальні матеріали. Структура використання алюмінію та його сплавів в Європі наступна: транспортне машинобудування 20%, будівельна індустрія 20%, пакувальні матеріали 20%, електротехнічна промисловість 9%, інші 25%.

Широке використання алюмінію і сплавів на його основі у транспортному машинобудуванні визначається високими показниками питомої міцності, підвищеною корозійною стійкістю, а також здатністю к демпфуванню коливань і великому поглинанню енергії. Особливо ці показники важливі при виробництві залізничного та автомобільного транспорту. Сьогодні в Європі 80% вагонів виготовлені з використанням алюмінієвих сплавів, маса алюмінієвих деталей у легкових автомобілях досягла в середньому 150 кг на автомобіль.

У наш час у світі виробляється більше 30 млн. тон алюмінію та його сплавів. Внаслідок цього щорічно збільшується кількість відходів та скрапа алюмінію, що потребують повторної переробки рециклінгу. У зв'язку з тим, що вторинні алюмінієві сплави мають більш низький рівень механічних та

службових властивостей порівняно з первинними, було виконано роботу з підвищення якості силумінів, виплавлених у промислових печах із 100% відходів та скрапа.

У результаті додаткової обробки рідкого металу рафінувально-модифікувальним флюсом (патент України 58793 А) було досягнуто підвищення границі міцності на 10...15%, відносного подовження на 10...20%, твердості на 15...20% (у порівнянні з заводською технологією виробництва) сплаву АК12М2. Пористість у результаті термооброблення знизилось з 3...4 до 1...2 балів за ДСТУ 2839-94.

Металографічний аналіз показав, що структура металу стала більш впорядкованою, з рівномірним розподілом кремнію та благоприємної компактної форми залізомісткої фази.

УДК 742

Бовкун С.А.

старш. викл. ЗНТУ

*Бовкун С.А.*

## **ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ДО НАНЕСЕННЯ РОЗМІРІВ НА КРЕСЛЕННЯХ**

Основою для визначення величини зображуваного виробу та його елементів призначені розмірні числа, які нанесені на кресленні.

Загальна кількість розмірів на кресленні повинна бути мінімальною, але достатньою для виготовлення та контролю виробу.

Лінійні розміри та граничні відхилення лінійних розмірів на кресленнях вказують у міліметрах, без позначення одиниць вимірювання.

Кутові розміри і граничні відхилення кутових розмірів вказують у градусах, хвилинах і секундах з позначенням одиниць вимірювання.

Не дозволяється застосовувати для розмірних чисел прості дробі, за винятком розмірів у дюймах.

Розміри на кресленнях не допускається наносити в виді замкненого ланцюга, за винятком випадків, коли один із розмірів вказаний як довідковий.

Розміри на кресленнях вказують розмірними числами і розмірними лініями. При нанесенні розміру прямолінійного відрізка розмірну лінію проводять паралельно цьому відрізку, а виносні лінії – перпендикулярно розмірним. При нанесенні розміру кута розмірну лінію проводять в виді дуги з центром у його вершині, а виносні – радіально.

Виносні лінії повинні виходити за кінці стрілок розмірної лінії на 1...5 мм. Мінімальна відстань між паралельними розмірними лініями повинна

бути 7 мм, а між розмірною і лінією контуру – 10 мм і вибрані залежно від розмірів зображення і насиченості креслення.

Необхідно уникати перетину розмірних і виносних ліній.

Розмірні лінії допускається проводити з обривом у наступних випадках: при нанесенні розміру діаметру кола незалежно від того, чи зображено коло повністю або частково, при цьому обрив розмірної лінії виконують далі від центру кола; при нанесенні розмірів від бази, не зображеної на даному кресленні.

При зображенні виробу з розривом розмірну лінію не переривають.

УДК 629.7.036.001

Мамедов Б.Ш.

канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

*Мамедов Б.Ш.*

### **ОСНОВЫ ЕДИНОЙ ТЕОРИИ ДВИЖИТЕЛЕЙ НА НЕПРЕРЫВНЫХ ПОТОКАХ. ВЫВОД ФОРМУЛЫ ТЯГИ, ПОЛЕТНОГО (ТЯГОВОГО) КПД ТУРБОРЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

Технический прогресс в области авиадвигателестроения полностью зависит от правильной теории воздушно-реактивных двигателей. Современная теория воздушно-реактивных двигателей, в основу которой заложены ошибочный термодинамический цикл турбореактивных двигателей в координатах  $P-U$ ,  $T-\Delta$ , ошибочная формула тяги, ошибочная формула полетного (тягового) КПД, ошибочная теорема о подъемной силе продуваемого профиля, не может дать правильных направлений технического прогресса в области авиадвигателестроения, поскольку абсолютно неправильно описывает не только принцип работы турбореактивных двигателей, но и многие физические процессы, имеющие место при работе последних. Основным научным направлением для вывода формул тяги, полетного (тягового) КПД, теоремы о подъемной силе продуваемого профиля для всех движителей на непрерывных потоках, включая турбореактивные двигатели, является кинематический анализ характера изменения статических давлений газового потока, вторичных динамических (инерционных) сил, сил сопротивлений в пределах контрольного контура Н-Н, дополнительным научным направлением для вывода формул тяги турбореактивных двигателей является правильное понимание и применение уравнения Эйлера.

УДК 004.92

Шемаров М.А.<sup>1</sup>, Пугачов Г.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>студ. гр. Е-113

<sup>2</sup>канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

*Шемаров М.А., Пугачов Г.А.*

## **КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА ПРИ ВИВЧЕННІ ОСНОВ НАРИСНОЇ ГЕОМЕТРІЇ**

Недостатня підготовка по кресленню в школах ускладнюють розуміння й засвоєння основ нарисної геометрії. Використання комп'ютерних технологій (3D графіки) при вивченні проєкційного креслення дозволяють краще розуміти трансформацію ортогональних зображень в аксонометричній навпаки.

На задалегідь підготовленому шаблоні, що складається із чотирьох видових вікон, у режимі 3D виконуються одночасно поетапно стандартні види і ізометрія деталі в наступній послідовності:

- вибрати активним вид зверху й умовно розбити деталь на елементарні геометричні форми;

- командою <RECTANG> побудувати горизонтальну проєкцію прямокутника (150x90) основи корпусу, одночасно автоматично виконуються фронтальна, профільна й ізометрична проєкції ;

- командою <EXTRUDE> видавити основу на висоту 22 мм, при цьому одночасно одержуємо три ортогональні проєкції й аксонометричне зображення призми даних розмірів;

- у такій же послідовності виконується побудова прямокутників основи (90x90 й 30x15), потім видавлюються призми на висоту 90 мм, У відповідних зонах появляються проєкції й ізометрія трьох призм, які відтворюють частину корпусної деталі;

- командою <SUBTRACT> видалити внутрішню призму 30x15x90, одержуємо ортогональні проєкції корпусу і його ізометрію.

У такий же спосіб виконується побудова горизонтального циліндричного отвору й чверть вирізу корпусної деталі.

Уявний розділ деталі на елементарні геометричні форми й послідовне відтворення їх в ортогональних й аксонометричних зображеннях розвиває просторову уяву й проєктивне бачення.

УДК 669.721.5

Шаломеев В.А.<sup>1</sup>, Скоробагата М.В.<sup>2</sup>, Ивахненко И.Е.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> д-р техн. наук, проф. ЗНТУ

<sup>2</sup> старш. преп. ЗНТУ

<sup>3</sup> студ. гр. ИФ-513 ЗНТУ

*Шаломеев В.А., Скоробагата М.В., Ивахненко И.Е.*

## **ВЛИЯНИЕ ПЕРЕГРЕВА РАСПЛАВА НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ОТЛИВОК ИЗ СПЛАВА МЛ15**

Исследования физических свойств и строения жидких сплавов свидетельствуют о том, что металл вблизи температуры кристаллизации представляет собой неравновесную смесь компонентов – следствие длительности процессов релаксации их ближнего структурного порядка и сохранения в них элементов строения исходных шихтовых материалов, которыми являются динамические образования – кластеры, дисперсные коллоидные частицы, твердые тугоплавкие включения типа карбидов и интерметаллидов. При переходе металла из жидкого в твердое состояние, эти образования существенно влияют на морфологию структуры.

Существуют разные способы перевода расплава в равновесное состояние: электромагнитное перемешивание, воздействие ультразвуком, высокочастотные механические колебания и т.п. Однако, наиболее доступным и эффективным методом формирования равновесной структуры является тепловое воздействие. При этом, процесс перехода системы в состояние равновесия в результате ее нагрева происходит не монотонно, а при достижении определенных температур. Эти температуры соответствуют процессам наиболее интенсивного разрушения неравновесных составляющих расплава и изменения их структуры. Различная структура и качество применяемых шихтовых материалов, разная степень их легированности обуславливают микро неоднородное состояние расплава. При этом, часть структурных составляющих и после плавления сохраняется в расплаве в виде микрогруппировок, существенно влияющих на микроструктуру затвердевающего металла.

Структура литых магниевых сплавов, наряду с химическим составом, является одним из основных факторов, определяющих их свойства, такие как прочность, пластичность, жаропрочность и другие. Поэтому получение мелкозернистой структуры с помощью перегрева расплава является важным условием, обеспечивающим высокий комплекс механических свойств и повышенную работоспособность материала.

В настоящем исследовании изучали влияние температуры перегрева расплава на структурообразование и свойства отливок из магниевого сплава МЛ15.

Изучение макро- и микроструктуры изломов образцов при различных температурах перегрева расплава показало, что измельчение структурных

составляющих происходило при перегрева расплава до 900°С. При этом, величина зерна и дендритной ячейки уменьшались примерно в 3 раза. Дальнейшее увеличение температуры перегрева приводило к укрупнению зерна и образованию хрупкого излома.

Микрорентгеноспектральный анализ сплава, перегретого до 900°С, показал, что металлическая матрица представляет собой твердый раствор алюминия в магнии. Интерметаллиды в сплаве были двух типов: сферические, состоящие только из магния и алюминия, и пластинчатые, расположенные преимущественно по границам зерен и содержащие кроме магния и алюминия, дополнительно марганец и железо.

Качественный и количественный анализ интерметаллидной фазы показал, что они отличаются морфологией и топологией в зависимости от температуры перегрева металла. Перегрев металла трансформировал интерметаллиды, видоизменяя их форму, размеры, количество и распределение в объеме металла.

Установлено, что проведение термической обработки по режиму Т6 снижало химическую неоднородность сплава, что обеспечивало стабильные физико-механические характеристики. С увеличением температуры перегрева расплава механические свойства образцов повышались. При этом предел прочности при перегреве расплава до 900°С повышался на ~ 30%, а относительное удлинение – в ~ 2,5 раза по сравнению с исходным сплавом за счет получения равномерной мелкодисперсной структуры. Перегрев расплава до 950°С приводил к некоторому снижению как прочностных, так и пластических свойства исследуемого сплава.

Таким образом, оптимальной температурой перегрева расплава при выплавке магниевых сплавов МЛ5 является 900°С. При этом, обеспечивается получение мелкодисперсной макро– и микроструктуры за счет изменения морфологии и топологии интерметаллидной фазы и, как следствие, повышение всего комплекса механических свойств отливок.

УДК 744.004.92

Корнієнко О.Б.<sup>1</sup>, Жесткова А.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> викл. ЗНТУ

<sup>2</sup> студ. гр. Е-513 ЗНТУ

*Корнієнко О.Б., Жесткова А.В.*

## **ВИКОНАННЯ СХЕМ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПРИНЦИПОВИХ В ГРАФІЧНІЙ СИСТЕМІ AUTOCAD**

Моделювання електричних ланцюгів на комп'ютерах позбавлені таких недоліків:

не потрібні вимірвальні прилади і макети на схемах, що досліджуються;

– похибку дослідження схем шляхом моделювання на комп'ютері можна зробити достатньо малою;

– час, що витрачається на комп'ютерне моделювання менший за час, необхідний на виготовлення макету і виконання експериментального дослідження.

В наш час існує ряд програм з проектування і моделювання електронних схем. Майбутній радіоінженер повинен знати основи комп'ютерного проектування і моделювання РЕС, вміти використовувати пакет прикладних програм.

Сьогодні AutoCAD – це найбільш гнучка з існуючих графічних програмних систем для ПК, що здатна ефективно працювати в самих різних сферах технічного проектування. Унікальна можливість легко адаптуватись в самих різних областях технічного проектування. AutoCAD здатен легко адаптуватись до самих різних «мов» людини, він являється базовою системою для цілого ряду більш спеціалізованих САПР, що використовують в різних областях техніки:

- архітектурних САПР;
- машинобудівних САПР;
- географічних інформаційних систем (Geographic Information Systems – GIS);
- автоматизованих систем керування ресурсами;
- САПР в електротехніці та електроніці;

Тим не менш, можна впевнено сказати, що моделювання електричних та електронних схем на комп'ютерах – важливий прогрес в техніці експериментальних досліджень. Шляхом порівняно простих засобів – персонального комп'ютера і програм моделювання можна дуже швидко виконати перевірку розрахунків, встановити область припустимих змін параметрів окремих елементів, істотно знизити витрати на експериментальні дослідження.

УДК 744.075.3

Брикова Н.О.<sup>1</sup>, Юрасов П.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> викл. ЗНТУ

<sup>2</sup> студ. гр. ІФ-113 ЗНТУ

*Брикова Н.О., Юрасов П.А.*

## **ХАРАКТЕРИСТИКА, ЗОБРАЖЕННЯ ТА ПОЗНАЧЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ДЕТАЛЕЙ МАШИН**

Описання характерних та тих, що часто зустрічаються у техніці елементів деталей машин.

Приклади спеціальної термінології елементів деталей машин, та самих деталей машин.

Приклади робочих креслень деталей машин.

УДК 742

Бовкун С.А.<sup>1</sup>, Іванов В.О.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> старш. викл. ЗНТУ

<sup>2</sup> студ. гр. ГФ-922 ЗНТУ

*Бовкун С.А., Іванов В.О.*

## ПОБУДОВА ПЕРСПЕКТИВНИХ ЗОБРАЖЕНЬ. ПЕРСПЕКТИВА ТОЧКИ

Зображення предметів на проекційних поверхнях, побудоване за методом центрального проєкціювання з урахуванням закономірностей і особливостей зорового сприйняття людиною навколишнього простору, називається перспективою. Перспектива, як наука, є однією з найбільш наочних проєкційно-зображальних систем. Розрізняють геометричну, повітряну, аналітичну та інші види перспективи. До геометричної перспективи належать лінійна, панорамна і сферична перспектива залежно від форм поверхні, на якій будуються зображення. Лінійна перспектива вивчає способи побудови перспективних зображень ліній контуру предметів на поверхні проєкцій – площині. При цьому площину проєкцій здебільшого вибирають вертикально.

Перспективою точки (центральною проєкцією точки на картинну площину) називають точку перетину з картинною площиною проєкційного променя, спрямованого з центра проєкцій до точки. Однак ця проєкція не визначає положення точки у просторі, позаяк усі точки, які лежать на проєкційному промені, спроекціюються в одну точку. Тому, крім перспективи заданої точки, треба побудувати на картині ще й перспективу її основи.

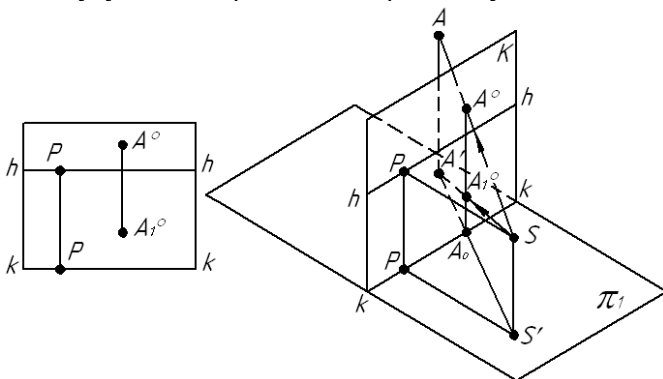


Рисунок 1 – Перспектива точки



УДК 620.115: 621.992.4

Концур Я.С.<sup>1</sup>, Степанов Д.М.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> студ. гр. М-119м ЗНТУ

<sup>2</sup> старш. вик. ЗНТУ

*Концур Я.С., Степанов Д.М.*

## **МЕТОДИКА ВИМІРЮВАННЯ СИЛОВОГО ТИСКУ НА ПОВЕРХНЮ ДЕТАЛІ ПРИ ОБРОБЦІ НЕЖОРСТКИМИ ІНСТРУМЕНТАМИ**

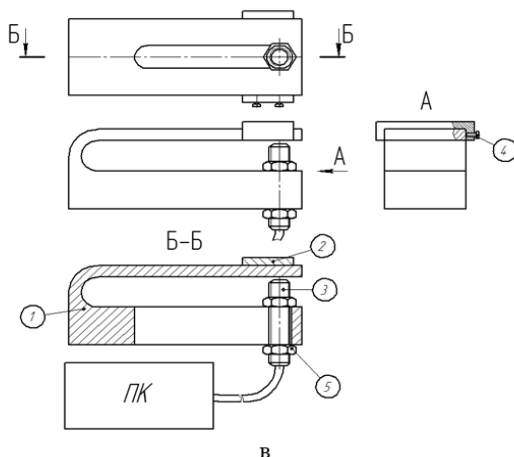
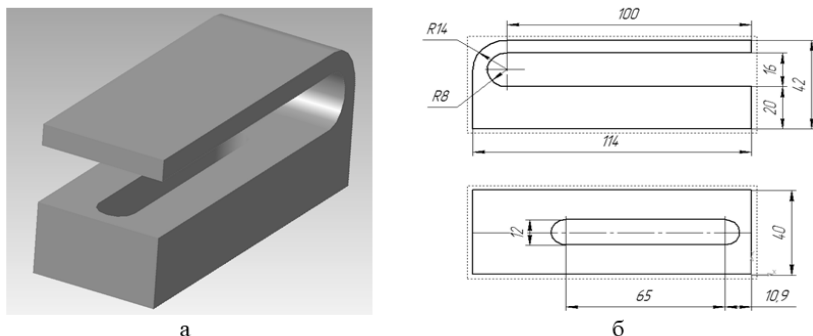
Тонкостінні деталі знаходять широке вживання при проектуванні авіаційних двигунів і їх агрегатів. Це пояснюється специфічними характеристиками, якими повинні володіти вузли і агрегати авіадвигуна. При цьому окрім забезпечення заданих експлуатаційних параметрів, елементи двигуна повинні відповідати вимогам надійності, довговічності, безпеці тощо. При обробці тонкостінних деталей головною проблемою є недостатня жорсткість заготовки і в цілому технологічної системи. Відповідно, досягнення заданих параметрів точності обробленої поверхні стає складним технологічним і виробничим завданням, що визиває необхідність вибору методу фінішної обробки. Також необхідно враховувати різноманітність і важкооброблюємість жароміцних сталей і сплавів, з яких виготовляють деталі ГТД. З просуванням прогресу з'являються нові методи обробки матеріалів. Одним з них є фінішна обробка полімерно-абразивними інструментами, які можна використовувати для тонкостінних деталей.

Метою дослідження є розробка методики виміру силового тиску на поверхню деталі при обробці полімерно-абразивним інструментом дискового типу.

Методика вимірювання. Для проведення вимірів сил різання розроблено динамометр (рис. 1а,б) з загартованої сталі з подальшим його підключенням через цифровий перетворювач до комп'ютера. Дані знімаються з датчика, приєднаного до динамометра і цифрового перетворювача. На верхню частину динамометра 1 (рис. 1в) встановлюється та закріплюється каретка 2 за допомогою двох гвинтів 4. Це дає змогу регулювання довжини вильоту. Через отвір в основі динамометра встановлюється датчик 3, який закріплюється двома гайками 5. На каретку буде кріпитися за допомогою спеціального клею для металів зразки, виготовлені з різних матеріалів. Робота проводиться на плоскошліфувальному верстаті мод. 3Г71.

Перед вимірюванням встановлюємо натяг зони контакту  $i=1,5$  мм. Під час обробки зразка датчик знімає показання різниці прогину робочої частини динамометра з початку входження у контакт і до виходу при повздовжньому та поперечному положенні динамометра. Значення записуються до комп'ютера у вигляді графіків, які у подальшому підлягають обробці.

Вимірювання проводяться при різних режимах різання та параметрів інструмента. Також за допомогою каретки можна регулювати жорсткість системи та її вимірювання.



а – модель; б – ескіз; в – ескіз динамометра у зборі.  
Рисунок 1 – Робочий динамометр.

**Висновок:** проведені вимірювання та їх обробка дали змогу отримати значення силового тиску на поверхню нежорсткої деталі при обробці полімерно-абразивними інструментами. Значення, отримані при різних режимах різання та параметрах інструменту для сталевих зразків та зразків, виготовлених з алюмінієвих, нікелевих та титанових сплавів, можуть використовуватись при розробці фінішного етапу технологічного процесу виготовлення нежорстких деталей, зокрема для ГТД.

УДК 621.8:621.7.015

Монько Ю.О.<sup>1</sup>, Гончар Н.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> студ. гр. М-129 ЗНТУ

<sup>2</sup> доц. ЗНТУ

*Монько Ю.О., Гончар Н.В.*

## **ЗАОКРУГЛЕННЯ ЗАДИРОК ЗАГОТОВОК, ОТРИМАНИХ ЛИТТЯМ В КОКІЛЬ ТА ПІД ТИСКОМ, ІЗ АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ**

В результаті зношення форм та відсутності можливості їх заміни при отриманні відливок у кокіль та під тиском трудомісткість слюсарних операцій доведення заготовки до споживчого вигляду різко зростає. До того ж доля ручної праці при обламуванні та видаленні залишкового облою, задирок та заокругленні гострих крайок дуже висока із-за складно-профільних форм конструктивних елементів відливок. Незважаючи на те, що більшість алюмінієвих сплавів вважаються легкообробляемими, тонкі крайки, які підлягають видаленню, мають підвищену твердість і крихкість, що затрудняє їх зрізання та зменшують розраховану стійкість інструменту. Тому, використання відносно нових інструментів на основі полімерно-абразивних волокон, які мають можливість самозаточення, високу стійкість, забезпечують якісну обробку, стійкі до хімічно-активних речовин, що використовують в складі СОТС, та дають можливість механізації процесу, є досить актуальним.

**Мета** даного дослідження – пошук раціональних режимів обробки та параметрів полімерно-абразивних інструментів для найбільш продуктивної обробки мілко- та середньо габаритних відливок деталей візків, «зірочок», радіаторів та корпусів із алюмінію та алюмінієвих сплавів.

Дослідження показали важливість дотримання температурного режиму у робочій зоні, тому що полімерна основа волокон починає плавитися після нагріву до 120 °С. Алюміній відноситься до матеріалів з високою теплопровідністю, тому швидко відводить тепло в тіло деталі з зони обробки, що дозволяє використовувати «жорсткі» режими без СОТС, порівняно з іншими матеріалами.

Враховуючи, що волокна найбільш продуктивно працюють торцевими частинами, слід чітко дотримуватися назначеної величини натягу (перекриття контурів інструмента та поверхні, що обробляється).

Більшість операцій слюсарної обробки полімерно-абразивним інструментом вищезазначених відливок вдалось механізувати, використовуючи звичайні шліфувальні верстати або спеціально створені установки нескладної конструкції.

**Висновки.** В результаті проведених досліджень були встановлені раціональні режими та умови обробки і параметри полімерно-абразивних інструментів для видалення залишкового облою, задирок і заокруглення гострих крайок на відливках, отриманих литтям у кокіль та під тиском, виготовлених з алюмінію та його сплавів.

УДК 621.45-033.78

Белка А.А.

студ. гр. М-719м ЗНТУ

*Белка А.А.*

## **ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ГТД ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ**

В сфере авиации и космонавтики технологический и научный прогресс выявил неизбежную необходимость изготовления высокопрочных, износостойких конструкций с наименьшей возможной массой.

Изучение композитных материалов в современной научной среде очень популярно из-за их исключительных свойств. Особенно полезными являются разработки, появившиеся на основе нанотехнологий. На сегодняшний день стало возможным применение сверхтвёрдых, высокотемпературных композиционных наноматериалов в изготовлении деталей авиационных двигателей. Среди стран СНГ такими разработками занимается ФГУП ЦИАМ им. Баранова в России. Также известно о внедрениях деталей из керамоматричных наноструктурированных композитов на производстве компании General Electric (США), использующей эти технологии для своих новейших LEAP-двигателей.

В данной работе сделан обзор существующих видов композитных наноматериалов, внимание сосредоточено на керамоматричных нанокомпозитах. Приведены варианты использования данных материалов в авиадвигателестроении. Рассмотрены технологические методы получения композитных наноматериалов с различными характеристиками и свойствами, возможности их обработки.

УДК 621.45:621.9.048.7

Мокиенко М.С.

студ. гр. М-719м ЗНТУ

*Мокиенко М.С.*

## **ЛАЗЕРНЫЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ДЕТАЛЕЙ ГТД**

Технологии лазерного микро- и наноструктурирования материалов важны для многих применений, а также при производстве различных деталей ГТД. Образующиеся при лазерном воздействии наноструктуры обладают

уникальными свойствами и часто не могут быть получены с использованием других (не лазерных) технологий.

Процессы прямого лазерного микро- и наноструктурирования (модификации) поверхности материалов включают в себя как получение мелкокристаллической структуры с целью улучшения механических и коррозионных свойств деталей ГТД, так и создание "ансамблей" микро- и наночастиц на поверхности материалов для улучшения механических, физических и других свойств материалов, например повышения их сопротивляемости газовой коррозии в тракте ГТД.

Широкое применение получили такие методы лазерной поверхностной обработки.

Лазерное упрочнение:

- наклепом;
- термическая закалка без плавления, либо с плавлением;
- с фиксацией пересыщенного раствора.

Лазерное легирование :

- без плавления или с плавлением подложки;
- из газовой или плазменной фазы с сплавлением;
- из расплава с инжектированием частиц.

Лазерная наплавка:

- насыпным методом;
- из паст и обмазок;
- с инжектированием порошка в расплав;
- с подачей присадочной проволоки в расплав.

Спектр технологий лазерной обработки поверхности очень широк и позволяет улучшать практически все основные параметры поверхностей деталей ГТД.

УДК 620.2-032

Подгорный А.В.

студ.гр. М-719м ЗНТУ

*Подгорный А.В.*

## **МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ НАНОМАТЕРИАЛОВ**

В настоящее время увеличился темп развития нанотехнологий, поэтому важным стал вопрос о средствах диагностики наноструктур и наноматериалов. Известны разнообразные методы исследования, которые позволяют выявлять индивидуальные нанообъекты.

Методы нанодиагностики должны быть по возможности неразрушающими.

Каждый метод часто дает частичную информацию об исследуемом объекте. Наиболее полная информация получается комплексным использованием различных методов. Разрешение представленных методов достигает до 0,5 нм. Ниже представлены некоторые из них:

1. Электронная микроскопия:
  - 1.1 Просвечивающая электронная микроскопия
  - 1.2 Зондовая микроскопия
  - 1.3 Сканирующая электронная микроскопия
2. Дифракционный анализ:
  - 2.1 Рентгеновская дифракция
  - 2.2 Дифракция электронов
3. Спектральный анализ:
  - 3.1 Атомный спектральный анализ
  - 3.2 Молекулярный спектральный анализ
  - 3.3 Рентгеновская спектроскопия
  - 3.4 Оже-спектроскопия
4. Наногравиметрия (QCN)

Кроме исследования пространственных характеристик также существуют методы исследования механических, магнитных, электрических и теплофизических свойств наноматериалов.

УДК 621.45-032

Русанов В.И.

студ.гр. М-719м ЗНТУ

*Русанов В.И.*

## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ГТД ИЗ НАНОПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Одним из перспективных направлений повышения технического уровня авиационных двигателей, и их надежности, наработки на отказ, является применение перспективных сверхтвердых, высокотемпературных композиционных материалов.

В технологиях производства высокопрочных и износоустойчивых композиционных материалов используются нанопорошки высокой степени чистоты, гранулированные в зерна (гранулы) определенной формы и определенного состава. При этом частицы (гранулы) спекаются в специальных высокотемпературных печах, образуя сложный материал малой пористости, равномерной структуры с низкой концентрацией напряжений.

Для получения особо износостойких материалов с необходимыми свойствами разработаны инновационные технологии. Полученные с использованием таких технологий материалы обладают функциональной гомогенной

наноструктурой. Такие технологии позволяют управлять коэффициентами трения, теплопроводности, радиопоглощением, электропроводностью и прочностью создаваемых материалов.

В результате проведения натурных испытаний антифрикционных покрытий в качестве подшипников скольжения в составе редуктора привода вентилятора авиационного двигателя установлено, что композиционные материалы, созданные на основе наноструктурированных дисперсно-упрочненных карбидных, карбонитридных и боридных соединений, имеют износ фрикционных пар в несколько раз меньше, чем у традиционно применяемых материалов, а также сохраняют работоспособность при повышенных температурах и нагрузках в условиях масляного голодания.

УДК 621.45:629.7.083

Цвельх Д.Л.

студ. гр. М-719м ЗНТУ

*Цвельх Д.Л.*

## **РЕМОНТ ДЕТАЛЕЙ ГТД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАНОТЕХНОЛОГИЙ**

В настоящее время производство авиационных двигателей нового поколения неразрывно связано с разработкой прогрессивных материалов и технологий, а также методов восстановления ответственных узлов и деталей.

В газотурбинных двигателях (ГТД), применяемых в авиастроении и энергетических установках, используются сложенлегированные жаропрочные  $\alpha+\beta$ - титановые сплавы ВТ3-1, ВТ8, ВТ8М-1, ВТ9, ВТ25У и др. Настоящее время доля титановых сплавов в ГТД составляет 37%, деталей газоздушного тракта. Для двигателей нового поколения применяются монодетали, что позволяет снизить массу компрессора до 60% и обеспечивает его малоступенчатость, высоконапорность и повышение, политропического коэффициента полезного действия.

Согласно статистическим данным, в ГТД чаще всего повреждаются роторные детали, в числе которых находятся осевые и центробежные компрессорные моноколеса из  $\alpha+\beta$  – титановых сплавов. Ремонт поврежденных элементов путем их механической замены в случае монодеталей невозможен, поэтому повышение ресурса зависит от эффективности восстановления методом сварки. Действие термического влияния сварки приводит к изменению типа и параметров структурных составляющих в сварном шве титановых сплавов. Это ведет к снижению уровня механических свойств сварных соединений и, как следствие, уменьшению ресурса ответственных титановых деталей или невозможности их ремонта.

В данной работе сделан обзор существующих видов композитных наноматериалов, в частности композитов на основе интеркалированного графита, полимерных нанокompозитов и углепластика. Приведены варианты использования данных материалов в авиадвигателестроении. Рассмотрены технологические методы получения композитных наноматериалов с различными характеристиками и свойствами, возможности их обработки.

УДК 621.45-032

Аникина О.С.

студ. гр. М-719м ЗНТУ

*Аникина О.С.*

## **ПОЛУЧЕНИЕ НАНОМАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ ГТД ВИНТОВОЙ ЭКСТРУЗИЕЙ**

Анализ современных тенденций в области самолетостроения и, в частности, авиадвигателестроения, позволяет выделить одну из основных задач – повышение мощности силовых установок с одновременным снижением их массы. Решение этой задачи связано с поиском новых материалов, обладающих высокой удельной прочностью. Хорошие перспективы в этом плане имеют материалы с нано- или субмикрорекристаллической структурой, полученные методами интенсивной пластической деформации, в частности, винтовой экструзией. В последние годы предпринимаются попытки применить наноструктурированные титановые сплавы для изготовления деталей ГТД. Как правило, это небольшие элементы деталей ГТД, изготовленные из несложных титановых сплавов. Наибольший интерес для наноструктурирования заслуживают титановые сплавы, т.к. для них характерна максимальная удельная прочность и на их долю приходится до 60% деталей компрессорной части двигателя.

Для получения такой структуры используют различные методы интенсивной пластической деформации, в частности винтовую экструзию. Винтовая экструзия стала первым украинским процессом интенсивной пластической деформации и до настоящего времени является единственной в Украине масштабной разработкой этого направления. Винтовая экструзия предложена в 1999 г. в Донецком физико-техническом институте НАН Украины. Ее осваивают в лабораториях России, США, Японии, Германии, Франции, Ирана и Южной Кореи. В западной литературе процесс известен как Twist Extrusion.

Суть винтовой экструзии состоит в том, что призматический образец продавливают через матрицу с каналом, содержащим два призматических участка, разделенных участком винтовой формы. В ходе обработки материал испытывает интенсивный сдвиг, сохраняя идентичность начального и конечного сечений образца. Последнее обстоятельство позволяет осуществлять его



многократную экструзию с целью накопления большой деформации, приводящей к изменению структуры и свойств материала. Важнейшей отличительной чертой винтовой экструзии от других методов интенсивной пластической деформации является мощный вихревой поток в очаге деформации, который обеспечивает интенсивное перемешивание деформируемого материала и создает предпосылки для формирования необычных структур и образования новых фаз.

УДК 621.45:669...8

Демченко В.С.

студ. гр. М-719м ЗНТУ

*Демченко В.С.*

## **ТЕХНОЛОГИИ НАНЕСЕНИЯ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ПОКРЫТИЙ НА ДЕТАЛИ ГТД**

В настоящее время производство авиадвигателей неразрывно связано с разработкой прогрессивных материалов и технологий. Одни из методов повышения механических свойств деталей ГТД является нанесение покрытий. В двигателях последнего поколения зачастую используют наноструктурированные покрытия. В зависимости от материала и его структуры будут обеспечиваться различные механические свойства.

Материал с наноструктурным покрытием является многоуровневой сильно неравновесной системой, конструирование которой требует совместных подходов механики структурно неоднородных сред, неравновесной термодинамики и наноматериаловедения.

Существуют разнообразные технологии получения нанопокровтий, которые аналогичны традиционным тонкопленочным технологиям. Среди них наиболее широкое распространение получили технологии осаждения вещества на подложку из парогазовой фазы или плазмы, а также из растворов. Кроме того, используются технологии обработки поверхности, основанные на таких процессах, как азотирование и гидрирование, обработка атомами бора, титана и другими элементами.

Эффективным способом управления размером кристаллитов в направлении роста покрытия оказался способ получения многослойных наноструктур. Многослойное строение в покрытиях получают периодическим осаждением индивидуальных тонких слоев заданной толщины различных тугоплавких соединений. При этом в структуре наноматериала увеличивается доля межфазных поверхностей раздела относительно общего объема границ раздела, которые существенно влияют на свойства многослойного покрытия.

## **ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ГТД ИЗ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ**

Наноструктурированные металлы и сплавы, полученные методом все-сторонней изотермическойковки, можно использовать в разных отраслях промышленности. Специалисты Института проблем сверхпластичности металлов (ИПСМ) РАН разработали методы получения объёмных и листовых материалов с однородной наноструктурой. С применением этих материалов упрощается производство полых конструкций, в том числе лопаток для вентиляторов авиадвигателей.

Метод всесторонней изотермическойковки позволяет получать металлы и сплавы с однородным по размеру зерном диаметром 300–400 нм. Из полученного материала методом тёплой прокатки можно выпустить и листовой полуфабрикат с тем же размером зерна. Размеры полуфабриката ограничиваются лишь массой прессы. В ИПСМ РАН были получены листы титанового сплава 1500 мм x 500 мм x 2 мм.

Исследования показали, что такой листовой полуфабрикат из титанового сплава ВТ6 имеет на 15–25 процентов более высокие прочность и сопротивление усталости, чем промышленный полуфабрикат из того же сплава (с зерном микронного диаметра). Кроме того, наноструктурированный полуфабрикат пригоден для сварки давлением и сверхпластической формовки при температурах на 250–300 градусов ниже, чем обычно. Это значит, что при сниженных температурах можно сваривать давлением и промышленные образцы титанового сплава – через наноструктурированную прослойку.

Созданы опытные образцы облегчённой лопатки вентилятора турбореактивного авиадвигателя. Снижение массы лопатки на 30 процентов достигается тем, что она полая и содержит армирующий наполнитель из листового наноструктурированного титанового сплава. Её прочностные свойства остаются на уровне 90 процентов от монолитной, но нагрузки в критическом сечении из-за уменьшения массы снижаются, по крайней мере, на 20 процентов. При этом такая лопатка может быть изготовлена при относительно низких температурах (650–750 °С). Так можно избежать образования хрупкого газонасыщенного (альфированного) слоя на поверхности сплава. Альфированный слой интенсивно формируется при температурах выше 750 °С, и его затем довольно трудно удалить.

Наноструктурированные металлы и сплавы, полученные методом все-сторонней изотермическойковки, можно использовать и в других отраслях промышленности, например, в строительстве. Возможно получение полуфабрикатов значительных размеров, кроме того, метод можно легко адаптировать к имеющемуся на заводах прессовому оборудованию. Этот метод подходит для изготовления деталей, а так же других элементов двигателя, поскольку наноструктурированные металлы и сплавы прочные, сверхпластичные и имеют высокую износостойкость.

## **ТЕХНОЛОГИИ НАНЕСЕНИЯ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ПОКРЫТИЙ НА ДЕТАЛИ ГТД ИЗ ЖАРОПРОЧНЫХ СПЛАВОВ**

Основными деталями, определяющими эффективность, надежность, экономичность и ресурс работы двигателя являются рабочие лопатки турбины. Известно, что в процессе эксплуатации лопатки подвергаются воздействию повышенных механических нагрузок, высоких температур и агрессивных сред. Результатом такого комплексного воздействия на деталь является ее быстрый выход из строя, что ограничивает назначенный и межремонтный ресурсы изделия в целом.

Хорошо зарекомендовали себя технологии, основанные на применении вакуумно-плазменных методов нанесения материалов. При этом, одной из основных особенностей совершенствования указанных технологий является одновременное или последовательное использование целого ряда высокоэнергетических методов обработки и нанесения покрытия в одном технологическом цикле работы вакуумно-плазменной установки.

Для нанесения многослойных покрытий на металлические детали применяют методы катодного распыления с использованием ионной очистки и ионно-имплантационной модификации материала поверхности детали. Повышение эксплуатационных свойств жаростойких покрытий обеспечивают сочетанием нескольких различных методов, например, нанесением ионно-плазменного слоя состава NiCrAlY с его последующим алитированием или использованием покрытий сложных составов. Многообразие применяемых технологий нанесения жаростойких покрытий объясняется, в частности, попытками снизить влияние таких отрицательных явлений как интенсивный диффузионный обмен между жаростойким слоем и основным материалом детали, приводящий к снижению эксплуатационных свойств лопаток турбин ГТД и ГТУ. Целесообразно применить операции ионно-плазменной очистки и активации поверхности, ионно-имплантационного легирования, формирования внутреннего жаростойкого слоя и нанесение на него внешнего жаростойкого слоя. Повышение жаростойкости покрытий и предела выносливости образцов из никелевых сплавов с покрытиями, нанесенными по разработанному способу, указывает на перспективность использования сочетаний высокоэнергетических методов упрочняющей обработки и нанесения жаростойких покрытий, основанных на ионно-имплантационных и ионно-плазменных методах для создания новых технологий, обеспечивающих повышение эксплуатационных свойств деталей с покрытиями, в частности с субмикро – и нанослойными покрытиями.

УДК 621.9.2

Бойко І.А.<sup>1</sup>, Солоха В.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>асп. ЗНТУ, інж. ПАТ «Мотор Січ»

<sup>2</sup>канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

*Бойко І.А., Солоха В.В.*

## **ДИНАМІЧНИЙ АНАЛІЗ ПОВОРОТНОГО СТОЛУ 5-ТИ КООРДИНАТНОГО ОБРОБНОГО ЦЕНТРУ**

Застосування у авіабудівній промисловості багатокоординатних високошвидкісних обробних центрів зумовлено необхідністю отримання складнофасонних поверхонь і зменшення часу обробки. Однак, велика різноманітність матеріалів, що застосовуються у авіабудуванні, викликає необхідність використовувати обладнання в широких межах частот обертання і подач.

Динамічний аналіз дозволяє оцінити несприятливі умови роботи верста-та, при яких збурюються коливання, що призведе до погіршення показників точності і якості обробки.

Аналіз частот власних коливань проведено для поворотного столу 5-ти координатного обробного центру Pícomax 820 VERSA, що складається з каретки, яка переміщується двома лінійними напрямними кочення, передньої та задньої опор, моста та інших складових елементів. У моделі були відображені усі елементи, що значною мірою впливають на жорсткість та масу елементів з якими вони з'єднані.

Комбіновані підшипники кочення для поворотних столів, що монтуються у передній опорі і мості, а також циліндричний роликопідшипник, розташований в задній опорі, замінені кільцями з еквівалентними модулем пружності і моментом інерції, що забезпечує необхідні показники жорсткості і ваги.

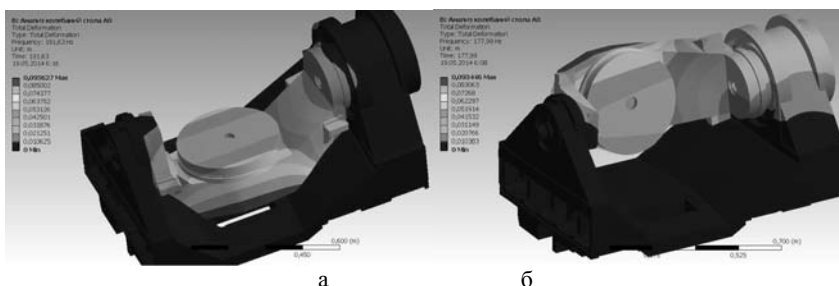
Окремі деталі з'єднані між собою контактними скінченими елементами встановленими в зафіксоване положення («bonded»). Між ротором та статором двигунів, а також статором і корпусом контакт не встановлюється. В місцях приєднання напрямних до каретки задаються нульові переміщення за трьома осями.

Затискання поворотних столів після здійснення переміщення моделюється обмеженням повороту навколо відповідних лінійних осей в місці розташування затискних систем.

З метою оцінки впливу положення поворотного столу на зміну частоти власних коливань, були змодельовані варіанти повороту моста за віссю А в нульовому положенні (А0) і поворот на 90° (А-90).

В результаті розрахунку було виявлено, що в діапазоні частот від 0 до 1000 Гц знаходиться 17 частот власних коливань для А0 і 20 для А-90. Перша

частота  $f_1=162,32$  Гц (рис.1) достатньо висока, тому вузол не буде відкликатися на силові різання при середніх і низьких частотах обертів шпинделя.



Частоти власних коливань мають достатньо високу густоту і охоплюють діапазон частот обертання шпинделя характерний для високошвидкісного різання (для 14000 об/хв це приблизно 930 Гц).

УДК 621.9

*Івшенко Л.Й., Глушко А.В.*

Напрямі є одними з найбільш відповідальних вузлів металорізальних верстатів. Збереження їх форми та розмірів в процесі експлуатації в значній мірі визначає забезпечення показників точності обробки на верстаті в цілому.

Деталі трибоз'єднань плоско-паралельних трибологічних систем металообробного обладнання «рухома напрямна – змашуюче середовище – нерухома напрямна» в процесі експлуатації знаходяться в умовах складного динамічного навантаження, обумовленого їх взаємними реверсивними переміщеннями та комплексною дією змінних динамічних навантажень, як то вібрацій, ударів, змінних складових сили різання та інш. Такі умови роботи призводять до значного зносу деталей напрямних та необхідності їх відновлення.

Ресурс роботи деталей напрямних металообробного обладнання після відновлення традиційними методами значно знижується у порівнянні з наново виготовленими. Це явище пов'язане з неможливістю досягнення необхідної зносостійкості і, внаслідок цього, необхідного ресурсу роботи відновлених трибосистем.

Одним з перспективних технологічних напрямів підвищення зносостійкості трибоз'єднань напрямних є формування захисних структур на контактуючих поверхнях, здатних знижувати інтенсивність протікання руйнівних процесів. У сучасних умовах його реалізація відбувається шляхом нанесення на зношені поверхні напрямних одношарових полімерних покриттів, або встановлення на них неметалевих антифрикційних накладок механічним шляхом. Ці засоби підвищують ресурс роботи відновлених напрямних.

Оскільки величини зносу деталей напрямних можуть сягати декількох міліметрів на довжинах більше 1 метру, ці способи відновлення потребують великих витрат коштовних полімерних матеріалів, або значних обсягів механічної обробки при підготовці поверхонь для встановлення накладок.

Позбавитись цих недоліків при відновленні можливо за рахунок створення багатошарових покриттів. При цьому відновлення форми і розмірів може здійснюватись за рахунок «ремонтного матеріалу», а підвищення зносостійкості за рахунок тонкого поверхневого шару, що наноситься на «ремонтний матеріал».

Реалізації такого підходу вимагає системних заходів для вирішення поставлених завдань. Дослідження, що проводились у цьому напрямку, вказують на суттєвий вплив умов динамічного навантаження на зносостійкість матеріалів трибоз'єднань. Але комплексна дія різних видів навантаження на довговічність деталей трибоз'єднань при складному динамічному навантаженні вимагає уточнення.

Розробка багатошарових ремонтних покриттів для трибовузлів напрямних диктує необхідність ретельного дослідження механізмів зношування, встановленні зв'язку між кінематикою, динамікою трибосистем та величиною накопичених у ній пошкоджень, виявлення внеску кожного з факторів, що викликають ушкодження матеріалу поверхонь деталей напрямних, розкритті

закономірностей виникнення масляного голодування у трибосистемі як одного з факторів збільшення інтенсивності зношування.

Для реалізації такого підходу необхідне здійснення аналітичного та фізичного моделювання процесів контактної взаємодії, що протікають в парах тертя.

Для цього розробляється аналітична модель для оцінки основних трибологічних характеристик зношування плоско-паралельних трибосистем металорізальних верстатів в умовах динаміки навантажень. Також створюється трибологічна установка, що дозволяє дослідити процеси зношування на поверхнях зразків в умовах комплексної дії динамічних навантажень, параметри яких відповідають умовам роботи на верстаті. Випробування зразків відбуватиметься під навантаженням при реверсивному переміщенні з накладанням вібрацій у трьох взаємо перпендикулярних площинах.

Результатом цієї роботи стане розкриття механізму зношування у трибосистемі «рухома напрямна-змащувальне середовище-нерухома напрямна» за умов динаміки навантаження та формулювання вимог до покриттів для поверхонь напрямних, що відновлюватимуться.

УДК 621. 891

Івченко Л.Й.<sup>1</sup>, Шаравара О.О.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> д-р техн. наук, проф. ЗНТУ

<sup>2</sup> старш. викл. ЗНТУ

*Івченко Л.Й., Шаравара О.О.*

### **ЗНОСОСТІЙКІСТЬ ДЕТАЛЕЙ З ЖАРОМІЦНИХ МАТЕРІАЛІВ ПРИ КЕРОВАНІЙ ЗМІНІ ПРОЦЕСУ ПРИПРАЦЮВАННЯ**

Ресурс сучасних енергетичних установок багато в чому визначається зносостійкістю контактних поверхонь найбільш відповідальних деталей серед яких слід виділити робочі та соплові лопатки турбіни. Руйнування поверхневих шарів є наслідком динамічного характеру навантаження, амплітуд взаємного переміщення, високотемпературним станом, який виникає за рахунок продуктів згоряння палива.

Якщо врахувати, що понад 70% зносу таких поверхонь припадає на стадію припрацювання, то стає очевидною необхідність керування цим процесом, яке дасть можливість значно підвищити довговічність трибоз'єднань гарячої частини двигунів.

Процеси припрацювання жароміцних сплавів в теперішній час вивчені явно недостатньо, в особливості за умов динаміки навантаження. Однак попередніми дослідженнями встановлено, що на стадії усталеного етапу зношування створюється так званий «захисний шар» який являє собою конгломерати, які складаються в основному з окиснених та ущільнених продуктів зно-

шування. Утворення такого шару сприяє зниженню інтенсивності зношування жароміцних матеріалів в 4–7 разів. Вирішення завдання штучного створення такого шару на стадії припрацювання викликає необхідність дослідження хімічних, термомеханічних, триботехнічних процесів в зоні контакту, напруженого стану поверхневого шару, розробки аналітичної моделі оцінки основних характеристик припрацювання (інтенсивності зношування, часу припрацювання і величини зносу від припрацювання), а також виявлення впливу зовнішніх факторів (температура, амплітуда взаємних переміщень, питомий тиск, склад газового середовища, їх змінність в часі) на характеристики припрацювання трибоз'єднань.

УДК 621.9

Клименко В.Ю.

старш. препод. ЗНТУ

*Клименко В.Ю.*

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗУБЬЕВ CURVIC В ДЕТАЛЯХ ГТД

Режим работы зубчатых колес современных ГТД сопровождается сложным комплексом температурно-прочностных явлений, что приводит к повышению требований точности и качества их изготовления.

В связи с чем, все большее применение для точного центрирования и соединения деталей ответственного назначения (компрессоров и турбин) находит торцевое шлицевое соединение Curvic.

Шлицы Curvic нарезаются на торцах деталей и представляют собой изогнутые в радиальном направлении зубья постоянной высоты. Кривизна зубьев создается при шлифовании кругом чашечной формы. Обработка производится при однопрофильном контакте круга с двумя зубьями.

Радиус шлифовального круга, число нарезаемых зубьев и диаметр зацепления связаны следующими зависимостями:

$$r = R_{cp} \operatorname{tg} \varphi, \quad \varphi = \frac{90^\circ n_x}{z}$$

где  $r$  – радиус шлифовального круга,  $R_{cp}$  – средний радиус зацепления,  $n_x$  – число впадин, охватываемых шлифовальным кругом,  $z$  – число зубьев зацепления.

Важной особенностью конструкции и технологии нарезания торцевого шлицевого соединения Curvic является возможность локализации контакта зубьев по длине, что позволяет равномерно распределить нагрузку по поверхности зубьев. Локализация контакта осуществляется соответствующим изменением радиуса шлифовального круга.



Геометрия и формообразование рабочих поверхностей зубьев этого зацепления полученных методом профильного (глубинного) шлифования обеспечивает высокий уровень точности их выполнения по отклонениям, разности окружных шагов и накопленной погрешности окружного шага. Кроме того, обработка зубьев шлифованием обеспечивает низкую шероховатость поверхностей зубьев.

УДК 621.431.75

Ищенко Л.И.<sup>1</sup>, Прибора Т.И.<sup>2</sup>, Комочкин Н.С.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> д-р техн. наук, проф. ЗНТУ

<sup>2,3</sup> старш. преп. ЗНТУ

*Ищенко Л.И., Прибора Т.И., Комочкин Н.С.*

### **СВЯЗАННЫЕ КОЛЕБАНИЯ СИСТЕМЫ «ДИСК-ЛОПАТКА» И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ИЗНОС БАНДАЖНЫХ ПОЛОК ЛОПАТОК ТУРБИНЫ ГТД**

Износ бандажных полок рабочих лопаток турбины приводит к повышению уровня вибрационных напряжений в опасном сечении пера лопатки. Полки по рабочему колесу изнашиваются неравномерно и разброс значений может достигать порядка 700% (от 0 мм до 0,72 мм). Вследствие колебаний деталей в процессе работы возникает динамический режим нагружения, сопровождающийся ударом с последующим проскальзыванием бандажных полок рабочих лопаток турбины.

Последние исследования указывают на то, что колебания лопаток происходит пакетами. Вероятнее всего именно на стыках пакетов и будут возникать резонансные колебания, приводящие к максимальному увеличению амплитуд и давлений в контакте, что приведет к максимальному изнашиванию бандажных полок.

Для выявления причин и устранения износа следует определить закономерности колебаний системы «вал-рабочее колесо-лопатка», используя современные методы расчета связанных колебаний. Расчет с помощью программной среды ANSYS позволяет выявить узловые точки колебаний, воздействуя на которые можно избежать резонансных колебаний.

Исходя из анализа литературных источников возможно определить величины колебаний вала ротора турбины, рабочего колеса, лопаток в независимости друг от друга. Но при комплексном рассмотрении системы «вал-рабочее колесо-лопатка» имеет смысл говорить о результирующих колебаниях лопаток как конечного звена системы связанных колебаний.

Нахождение суммарной величины колебаний лопаток и исследование ее влияния на износ бандажных полок лопаток турбины, а так же возможное управление величиной колебаний в сторону уменьшения и, как следствие, уменьшение износа – перспективное направление данной работы.

УДК 658.516.3

Петрыкин В.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> канд. техн. наук, проф. ЗНТУ

*Петрыкин В.В.*

## **ЗАКОНОДАТЕЛЬНАЯ МЕТРОЛОГИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ**

Стандартизация отражает объективный процесс развития государственных отношений, является действенным рычагом управления экономикой и играет значительную роль в производстве конкурентноспособной качественной продукции, защите здоров'я человека и окружающей природной среды, и бережливом использовании ресурсов.

Создание эффективной государственной системы сертификации можно рассматривать как одну из первоочередных проблем становления экономики Украины. Первые нормативные документы системы сертификации УкрСЕПРО разработаны в 1993 году.

Система предусматривает, что сертификация на соответствие обязательных требований нормативных документов и требованиям, которые предусмотрены соответствующим законодательствам Украины, проводится исключительно в рамках УкрСЕПРО.

Рассмотрена организационная структура УкрСЕПРО, порядок проведения сертификации продукции, система и виды сертификации в Украине, процедура получения сертификата.

Определены основные принципы и правила системы сертификации, перечень продукции, подлежащей обязательной сертификации, а также процедура сертификации импорта.

УДК 621.431.75

Ищенко Л.И.<sup>1</sup>, Цыганов В.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> д-р техн. наук, проф. ЗНТУ

<sup>2</sup> канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

*Ищенко Л.И., Цыганов В.В.*

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ ПОЛИМЕРА В ЗОНУ КОНТАКТА СЛОЖНОНАГРУЖЕННЫХ ТРИБОСОПРЯЖЕНИЙ**

Бурное развитие производства пластических масс привело к возникновению большого числа полимерных материалов и способствовало расширению их применения как при конструировании, так и в процессе эксплуатации машин и механизмов. Разнообразие состава и свойств полимера позволяет получать различные условия контактирования в трибосопряжениях в случае использования непосредственно полимерных деталей или в виде полимерных компонентов смазывающих материалов.

Учитывая, что долговечность трибосопряжений зависит от условий их эксплуатации возникает острая необходимость изучения механохимических явлений при контакте металла и полимера с оценкой их влияния на износостойкость трибоузла. Молекулярные процессы, протекающие на поверхности раздела, принадлежат к наименее изученным и наиболее трудно изучаемым аспектам адгезии. При этом необходимо учитывать явление деструкции полимерного вещества, которое состоит в разрушении макромолекул при внешнем воздействии (под действием механических напряжений, тепла, кислорода, влаги, света и др.) и приводит к изменению свойств полимерного материала. Кроме того, в результате деструкции молекулы полимера образуются свободные макрорадикалы, которые способны инициировать различные химические реакции в контакте трибосопряжения.

Для уточнения степени влияния свободных макрорадикалов на износостойкость трибосопряжений и проведения комплексных исследований износостойкости в условиях приближенных к реальным условиям эксплуатации трибосопряжений были разработаны специальные устройства и методики ускоренных испытаний, которые позволяют реализовать условия различных видов многокомпонентного нагружения при трении. Была произведена сравнительная оценка изменения интенсивности изнашивания для образцов стали 40Х в условиях трехкомпонентного нагружения – (удар и проскальзывание в двух взаимно перпендикулярных направлениях) в режиме граничного и полужидкостного трения с подачей в зону контакта исследуемых образцов ацетона и раствора полиметилметакрилата (ПММА) в ацетоне.

Установлено, что внедрение в зону контакта ПММА приводит к существенному увеличению интенсивности изнашивания стали. Причем, как показали результаты соответствующих исследований введение ПММА в ацетон сопровождается снижении почти в два раза как силы трения скольжения, так и покоя с увеличенным разбросом их значений по длине трассы скольжения.

Сравнительной оценкой изменения физико-механических свойств поверхностного слоя образцов после трения, осуществленной методами непрерывного вдавливания и сканирования индентором на специальном приборе "Микрон-гамма" (НАУ), определено структурное состояние поверхностного слоя. Отмечено формирование поверхностного слоя под воздействием свободных макрорадикалов, который характеризуется как однородный крупнофрагментный пониженной твердости, что может служить причиной наблюдаемого увеличения износа.

Существенное снижение износостойкости трибосопряжений при наличии полимера в зоне контакта является положительным фактором для облегчения приработки поверхностей и снижения сил резания при технологической обработке.

**ОСНОВНІ ЕТАПИ РОЗВИТКУ ВЕРСТАТОБУДУВАННЯ**

Успіх розвитку того чи іншого виробництва у значній мірі залежить від ефективного використання металорізальних верстатів. Тому є необхідність узагальнення історичних даних аби вивчити специфіку роботи галузі верстатобудування. Визначити, наскільки рівень розвитку верстатобудування відповідає потребам соціально-економічного зростання в умовах науково технічного розвитку.

Історія розвитку верстатобудування налічує декілька століть. Поява перших верстатів для обробки металів різання відноситься до XIV століття.

1518 року імператором Максиміліаном був розроблений токарний верстат, що мав лонет для направлення виробу та ножний дерев'яний привід з пружинячою жердиною, але така робота верстата вимагала чималих затрат людської енергії.

Тому надалі увага направляється на механізацію обробки на металорізальних верстатах.

Були спроектовані верстати з механічним приводом, головний рух у яких приводився в дію за рахунок енергії падаючої води, про це свідчить те, що у 1645 року у Москві на річці Яуза стрільцем Іваном Осиповим вперше була побудована «Отвальная мельница» з приводом на шість верстатів, які використовувались для обробки рушничних стволів.

На початку XVIII століття у Росії майстром токарної справи Нартовим А.К. був розроблений супорт до токарного верстата. На далі у зв'язку з розвитком науки у якості джерела руху приводів верстата використовується енергія пари.

1934–1937 роки вперше у світовій практиці радянськими вченими був розроблений типаж (номенклатура типів та розмірів) верстатів, що ґрунтувався на научній основі побудові їх розмірів. Розробляються принципи агрегування верстатів.

1938–1945 роки у зв'язку зі значним випуском продукції оборонного призначення та відновленням народного господарства у після воєний період, створюються високо виробляючі та порівняно дешеві верстати, які виготовляються на основі уніфікованих вузлів та агрегатів.

1945–1976 роки розробляються автоматичні лінії з агрегатних верстатів для крупно серійного та масового виробництва.

Створюються: верстати з ЧПК для комплексної автоматизації дрібносерійного та серійного виробництв; автоматизовані дільниці з верстатів з ЧПК,

що управляються від ЕОМ, для обробки тіл обертання та корпусних деталей у дрібносерійному виробництві.

1976–2002 роки розроблені інтегровані системи керування на базі широкого використання засобів обчислювальної техніки – комп’ютерів, локальних обчислювальних мереж, програмуємих логічних контролерів, а також засобів ідентифікації предметів та засобів праці.

Створюються: верстати для водо абразивного струминного різання різноманітних матеріалів; обладнання для багато прохідного стругання малюнків металографічних форм; верстати електрофізико хімічні, абразивноелектрохімічні, ультразвукові та лазерні.

В історичному дослідженні висвітлено тенденції науково-технічного розвитку верстатобудування. Показано специфіку та особливості управління галуззю, рівень її розвитку в умовах радянської системи господарювання. Розкрито, як інноваційна діяльність галузі позначилась на технічному рівні вітчизняного виробництва.

УДК 621.762

Глушко П.В.<sup>1</sup>, Іщенко Л.Й.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> старш. викл. ЗНТУ

<sup>2</sup> д-р тех. наук, проф. ЗНТУ

*Глушко П.В., Іщенко Л.Й.*

## **КОНЦЕПЦІЯ СТВОРЕННЯ МАТЕРІАЛІВ ІЗ ЗАДАНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ З ПОРИСТИХ ПОРОШКОВИХ МАТЕРІАЛІВ**

В даний час пористі порошкові матеріали (ППМ) знаходять широке вживання як фільтри, гомогенізатори, диспергатори, глушники, капілярні структури теплових труб. Як перспективний напрям ППМ виступають хорошою базою для створення матеріалів з високими демпфуючими властивостями. Створення і розробка таких матеріалів з порошоків або волокон неможливі без вивчення їх властивостей, виявлення взаємозв’язку і взаємного впливу останніх. Такий взаємозв’язок властивостей покликана встановити концепція створення і їх класифікація. До цих пір в літературі відсутня узагальнена класифікація всього комплексу властивостей ППМ, що стримує і ускладнює процес створення ППМ із заданими властивостями, а також не дозволяє виявляти прямі дійсні зв’язки між різними властивостями.

У основу розробленої нами концепції створення матеріалу із заданими властивостями з ППМ лягли три основні положення: весь комплекс властивостей ППМ роздільний на дві великі групи, об’єднуючі структурні і каркасні властивості; у кожній з груп виділені первинні (власне структурні і каркасні) і вторинні властивості, які цілком і повністю визначаються і залежать від первинних властивостей своєї групи, тобто знаходяться в діалектичному

взаємозв'язку як категорії «форма» і «вміст»; об'єднуючою ці дві великі групи протилежних властивостей ланкою є структуротворний елемент (наприклад, порошок або волокно) і його властивості.

Структуротворний елемент, його вигляд, хімічний склад, розміри, форма, питома поверхня є тією основою, на якій базується весь комплекс специфічних властивостей ППМ: як структурних, так і каркасних, які знаходяться у взаємозв'язку як дві нерозривні, взаємно доповнюючі частини єдиного цілого – всього комплексу властивостей ППМ.

Власне структурні і каркасні властивості виступають первинними, визначаючими або, іншими словами, «формою» по відношенню до відповідних двох груп інших властивостей, які є «вмістом» даної форми. Ці групи названі: властивості, визначаємі структурними, і властивості, визначаємі каркасними властивостями. Наприклад, демпфуючі властивості і коефіцієнт розсіювання енергії визначається чинниками щільності, розмірами контакту і якістю контакту, а не розмірами і якістю пор, тобто ці властивості визначаються каркасними.

Узагальнена концепція створення матеріалу, на підставі якої із загального комплексу властивостей, виділено дві групи: структурні і каркасні дозволила встановити діалектичний взаємозв'язок між структурними і каркасними властивостями як частями єдиного цілого і показати, що в кожній з груп є первинні і вторинні властивості, між якими існують постійні стійкі взаємозв'язки. Проникаюча властивість, що фільтрує і капілярні визначаються структурними, а токопровідні, міцність і демпфуючі, – каркасними властивостями. На основі запропонованої концепції і встановлених з її допомогою взаємозв'язків властивостей ППМ визначена схема процесу прогнозування і створення ППМ із заданими властивостями.

УДК 03 : (621.891)

Цыганов В.В.<sup>1</sup>, Крестьяников А.И.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

<sup>2</sup> студ. гр. М-210 ЗНТУ

*Цыганов В.В., Крестьяников А.И.*

## **МОДЕРНИЗАЦИЯ МАШИНЫ ТРЕНИЯ СМТ-1**

Для изучения трибологических процессов различных конструкционных материалов в практике лабораторных исследований используют машину трения СМТ-1. Машина позволяет исследовать процессы трения и фиксировать изменение момента трения непосредственно в процессе испытаний. Однако момент трения не является единственным фактором, характеризующим фрикционное взаимодействие элементов трибосистемы, а стандартная машина трения СМТ-1, не предусматривает измерение величины износа, которая непосредственно характеризует процесс изнашивания.

Учитывая обширное научное, исследовательское поле деятельности, которое направленно на изучение всевозможных трибологических эффектов, целесообразна модернизация машины трения, что может осуществляться по следующим направлениям:

- применение специальных измерителей линейного износа элементов трибологической системы, к примеру, на базе индуктивного преобразователя сигналов. В этом случае линейный износ измеряют непосредственно в процессе испытания и непрерывно регистрируют его на самопишущем приборе;

- исследование изменения деформационных свойств материалов при контактном взаимодействии с использованием эффекта трибоэлектричества. На этом явлении основана трибоэлектрическая дефектоскопия (неразрушающий контроль качества металлов);

- исследование температурного поля образцов в процессе изнашивания, как непосредственно в зоне трения, так и вне ее. Для реализации этого могут быть применены, к примеру, инфракрасные камеры, датчики измерения температуры (пьезоэлектрические, термоэлектрические);

- исследование температур по глубине поверхностного слоя контактирующих тел с использованием акустических термодатчиков;

- исследование упругих деформаций с использованием явления акустической эмиссии – явления распространения упругих колебаний (акустических волн), генерируемых внезапной деформацией напряженного материала.

Модернизация машины трения СМТ-1 по указанным направлениям позволит расширить возможности оценки получаемых данных при исследованиях трибопроцессов контактного взаимодействия материалов в условиях динамики нагружения.

УДК 621.891:669.018.44

Цыганов В.В.<sup>1</sup>, Губарева А.Ю.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

<sup>2</sup> студ. гр. М-210 ЗНТУ

*Цыганов В.В., Губарева А.Ю.*

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ПРИ РАЗНЫХ ВИДАХ НАГРУЖЕНИЙ**

Существуют несколько видов нагружений в трибосопряжениях, которые делятся на простые и сложные. К простым относят: кочение, скольжение, удар. К сложным – удар с проскальзыванием, кочение-скольжение, кочение с ударом.

На износостойкость влияет множество факторов. Одними из основных являются:

- а) нагруженность или контактное давление в узле;

б) путь трения или продолжительность существования контакта.

Многие трибосопряжения работают в условиях сложного динамического нагружения, связанных с вибрациями, действующих в разных направлениях. Известно, что сложное нагружение приводит в повышенному износу. Кроме того, не достаточно изучено влияние материала контактирующих поверхностей на износостойкость трибосопряжений, особенно в условиях резкого перепада температур, например в авиадвигателях.

Как показал анализ литературных данных, методы определения контактных давлений достаточно хорошо развиты и тем самым проблема определения давлений сведена к решению конкретных задач известными способами. Существенно меньше развиты методы определения касательных сдвиговых перемещений или пути трения в контакте. Например, при изнашивании цилиндрических сопряжений, работающих в условиях качения с проскальзыванием, можно отметить, что в зависимости от посадки сопряжений при перекачивании может быть путь трения малый при малых зазорах и достаточно большой при больших. Внутреннее качение цилиндров при большой площадке контакта может испытывать эффект сцепления и следовательно гарантированное проскальзывание. В случае малого пути трения и прерывистого движения наблюдается повреждение поверхностей в форме фреттинг-коррозии. В случае большого и непрерывного пути трения наблюдается обычный износ.

Определение величины проскальзывания при качении цилиндров – одна из актуальных задач контактной механики и трибологии в частности. Не определив величины проскальзывания невозможно моделировать условия контактного нагружения в трибосопряжениях, в частности прогнозировать износ таких узлов трения, как:

- а) сопряжение колец ПК с осью и корпусом;
- б) шпоночного соединения вала и ступицы колеса;
- в) колеса и рельса и многих других сопряжений;

Величину проскальзывания можно найти только имея достоверно определенную в процессе экспериментальных исследований зависимость скольжения от трения и нормальных давлений. Для дальнейшего развития представлений о механизме проскальзывания при качении цилиндров с последующим износом необходимо:

- провести эксперименты по определению величины проскальзывания при внутреннем качении не сцепленных и сцепленных цилиндров;
- изучить экспериментально влияние натяга и зазора на величину проскальзывания и износа цилиндров при внутреннем качении;
- связать результаты испытаний указанных сопряжений с износом сопряжений колец с осью и корпусом в подшипниках качения.



УДК 621.821

Цыганов В.В.<sup>1</sup>, Гаряга П.И.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> канд. тех. наук, доц. ЗНТУ

<sup>2</sup> студ. гр. М-210 ЗНТУ

*Цыганов В.В., Гаряга П.И.*

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОЛОГИИ ОЦЕНКИ АДГЕЗИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ**

Коэффициент трения является основной характеристикой трения. Данный коэффициент, в простейшем случае, зависит от силы трения и нормальной нагрузки. При коэффициенте трения больше единицы возникает сила адгезии. Измерение данного параметра даёт нам более глубокое понимание о трении между телами и позволяет с большей точностью оценить величину коэффициента трения.

Термодинамической характеристикой адгезии является убыль свободной энергии на  $1 \text{ см}^2$  поверхности адгезионного. Поэтому адгезионное взаимодействие выражается путем оценки величины работы, совершаемой в процессе воздействия индентора на контр-образцы.

Именно с этой целью, что бы определить работу, которая требуется для разрушения сцепления между молекулами, атомами или ионами, производится оценка адгезионного взаимодействия.

В настоящее время в различных сферах широко используются различные методы определения адгезии: статические (неравномерного отрыва, равномерного отрыва, сдвига), динамические и прочие методы (классификация которых по традиционной схеме затруднительна). При этом часто возникают недостатки методики связанные с невозможностью учета адгезии от магнитного потока, сложностью её определения под действием вибраций, а так же инерционностью системы поворота индентора.

Усовершенствовать данный метод измерения молекулярной составляющей коэффициента трения можно с помощью использования червячной пары в роли поворотного механизма. Это позволяет увеличить точность проводимых измерений, а также избавиться от инерционности и полностью нейтрализовать влияние магнитного потока на измерение адгезии.

УДК 669.14.018.24

Вільчек О.І.<sup>1</sup>, Сидоренко М.В.<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

*Вільчек О.І., Сидоренко М.В.*

## **ПРО РОЛЬ СТРУКТУРНОГО ФАКТОРА В КОНТАКТНОМУ РУЙНУВАННІ ПОВЕРХОНЬ КОЧЕННЯ**

Структурний стан контактуючих поверхонь деталей машин є одним з основних факторів, що впливають на їх довговічність і надійність.

У роботі, на ряді сталей, що відрізняються різною стійкістю мартенситу проти відпускання (теплотривкі сталі: 18ХГСН2ВМА, 14ХГСН2МА, типу ШХ15СГ, додатково легована ванадієм і молібденом, і звичайні – 12Х2Н4А, 18Х2Н4ВА, ШХ15) вивчалися особливості вихідної структури і характер структурних змін.

Дослідження структурних змін проводилося на зразках після певного числа циклів контактного навантаження (випробування вели на лабораторних установках типу МКВ-К), а також на відпрацьованих шестірнях авіаційних двигунів. Критерієм оцінки впливу структурного фактора на довговічність деталей, що піддаються обкатці, була обрана контактна витривалість, оцінювана числом циклів контактного навантаження при певному рівні напруг.

У результаті дослідження встановлено:

1. Сталі, леговані молібденом і ванадієм, показали найбільш високу контактну витривалість (в 1,5–2 рази в порівнянні з іншими), що, імовірно, обумовлено з одного боку сприятливою формою прикордонних надлишкових карбідів (окремі сфероїдізовані глобулі), а з іншого – підвищеної опірності до коагуляції карбідів, що виділилися з мартенситу в процесі відпускання.

2. Знижена контактна витривалість сталей 12Х2Н4А, 18Х2Н4ВА і ШХ15, мабуть, пов'язана як з наявністю залишків карбідної сітки, так і порівняно інтенсивним зростанням карбідних частинок під дією підвищених локальних температур і високих напруг в зоні контакту при циліндричному навантаженні.

## **КОМБИНИРОВАННЫЙ СПОСОБ ОТВЕРЖДЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

В настоящее время в машиностроении широкое применение нашли композиционные материалы на основе армированных полимеров. Среди которых особое место занимают стеклопластики теплозащитного и конструкционного назначения. Их широкое использование обусловлено высокой механической прочностью при малом удельном весе.

Одной из особенностей стеклопластиков является возможность управлять их свойствами непосредственно при производстве изделий и конструкций.

По существующей технологии формообразование изделий из стеклопластиков осуществляется конвективным нагревом, который является длительным и трудоемким, требующий значительных затрат электроэнергии и больших производственных площадей. Поиски путей по совершенствованию существующих технологий привели к использованию радиационных методов воздействия на полимеры в процессе отверждения композитов.

Радиационная обработка ускоренными электронами, инфракрасным облучением, их комбинация позволяют значительно сократить цикл изготовления изделий, снизить трудоемкость процесса и повысить эксплуатационные характеристики материала. Возможность применения радиационных методов в технологии получения стеклопластиков теплозащитного и конструкционного назначения при значительной интенсификации процесса отверждения для изделий ракетно-космической техники является весьма актуальным.

Исследовались стеклопластики конструкционного и теплозащитного назначения. В качестве наполнителя использовали кремнеземную стеклоткань КТ-11-ТОА, которая была подвергнута термообработке и аппретированию; органожгут ЖСВМ.

В качестве связующего применяли ЭДТ-10, состоящее из эпоксидного олигомера ЭД-20, активного разбавителя ДЭГ-1 (модифицированная смола КДА-2), отвердителя триэтаноламинотитаната ТЭАТ-1 и продукта АДЭ-3; фенолоформальдегидное связующее ЛБС-4.

В работе применяли радиационную обработку ускоренными электронами и комбинированное отверждение, сочетающее инфракрасный нагрев и ускоренные электроны. Для реализации инфракрасного нагрева использовали галогенные лампы накаливания КГТ-220-1000, которые располагали «коридором» для обеспечения равномерного температурного поля.

Радиационную обработку ускоренными электронами проводили на ускорителе типа ЭлТ-1,5 при следующих режимах: энергия электронов, МэВ –

1,5; мощность дозы излучения, Мрад – 2,33; поглощённая доза, Мрад – 20, 40, 60, 80, 100; ток пучка, мА – 7. Формирование пучка, диаметр которого на выходе составляет 5 мм, обеспечивали системой магнитных линз. Для распределения падающей энергии по площади применялась магнитная система развертки пучка в двух взаимноперпендикулярных направлениях.

Для сравнительных испытаний использовали контрольные образцы, термоотверждение (ТО) которых проводили по режиму: подъем температуры до 350 К в течение 2 часов, плавное повышение температуры от 350 К до 430 К в течение 4 часов и выдержка при температуре 430 К в течение 2 часов с последующим свободным охлаждением в печи. Общее время термоотверждения составило 8 часов.

По результатам физико-механических испытаний установлено, что в стеклопластиках теплозащитного назначения (КТ-11-ТОА+ЛБС-4) подвергнутых радиационной обработке ускоренными электронами при дозе облучения 80 Мрад наблюдается увеличение прочностных характеристик композита до 13%, а в стеклопластиках конструкционного назначения (КТ-11-ТОА+ЭДТ-10) при этих же режимах отверждения до 15% по сравнению с конвективным нагревом.

УДК 539.4.:621.762

Носенко М.І.<sup>1</sup>, Павлов В.О.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

<sup>2</sup> д-р техн. наук, проф. ЗНТУ

*Носенко М.І., Павлов В.О.*

## **ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ПОРОШКОВИХ ВИРОБІВ ПРИ ГАРЯЧОМУ ДЕФОРМУВАННІ**

Розроблено технологічний процес отримання широкого класу виробів різного конструкційного призначення при гарячому деформуванні пористих заготовок порошкового титану ПТЕС – 1, ПТЕК – 1, відсівів титанової губки  $(-0.63+0.18) 10^{-3}$  м.

При розробці технологічного процесу враховано вплив різних факторів на ущільнення порошкового металу та його властивостей після гарячого штампування. Параметри технологічного процесу обмежені значеннями, які забезпечують отримання порошкових матеріалів з найкращим комплексом характеристик міцності та пластичності в залежності від застосовуємої схеми деформації (табл. 1).

**Таблиця 1** – Оптимальні параметри технологічного процесу гарячого штампування заготовок порошкового титану

Параметри технологічного процесу	Схема технологічного процесу		
	Штамування в закритому штампі		Штамування з елементами витікання
Відносна щільність заготовки $\theta_o, \%$	70–90		
Температура спікання заготовок $T_{cn}, ^\circ\text{C}$	1200		
Час спікання $\tau_{cn}, \text{год.}$	2–3		
Середовище спікання	Вакуум $2.66 \cdot 10^{-2}$ Па		
Температура нагріву заготовок $T_H, ^\circ\text{C}$	900–950		
Середовище нагріву	Аргон		
Технологічне змащування	Суспензія $\text{MoS}_2$ з індустріальним мастилом (2 : 1), колоїдно-графітовий препарат В – 0		
Ступінь деформації	ПТЕС-1 ПТЕК-1	$\left(\frac{35-52}{13-20}\right)^*$	$K_{\text{вум}} \geq 9$
	ТГ – ТВ	$\left(\frac{25-45}{8-15}\right)^*$	
Тиск деформації $p$ , МПа	700–800		560–650
Інтенсивність деформації зсуву	2.84–1.82		$\geq (2.94 - 2.22)$
Деформація зсуву	0.55–0.72		$\geq (0.79 - 1.01)$
Відносна щільність виробів $\theta, \%$	98.0–98.5		99.8–100
Температура відпалу $T_\theta, ^\circ\text{C}$	800		
Час відпалу $\tau_\theta, \text{год.}$	2–3		
Середовище відпалу	Вакуум $2.66 \cdot 10^{-2}$ Па		

Примітка: \* – чисельник – спечені заготовки; знаменник – неспечені

УДК 620.178.32

Сочава А.І.<sup>1</sup>, Фролов Р.О.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

<sup>2</sup> асист. ЗНТУ

*Сочава А.І., Фролов Р.О.*

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОЕФІЦІЄНТА КОНЦЕНТРАЦІЇ НАПРУЖЕНЬ НА ОПІР ВТОМІ НИЗЬКОЛЕГОВАНИХ СТАЛЕЙ В УМОВАХ АСИМЕТРІЇ ЦИКЛУ

Теоретичний коефіцієнт концентрації напружень вказує на те у скільки разів максимальні напруження у зоні концентратора більші, ніж напруження у поперечному перетині зразка. Для розрахунків на втому більш доцільно використовувати ефективний коефіцієнт концентрації напружень, тому що він реально вказує на ступінь зниження довговічності матеріалу та його чутливість до надрізу. Загальновідомо, що ефективний коефіцієнт концентрації напружень визначається за формулою (1):

$$K_{\sigma} = \frac{\sigma}{\sigma_K}, \quad (1)$$

де  $K_{\sigma}$  – ефективний коефіцієнт концентрації напружень;  $\sigma$  – границя витривалості зразка без концентратора;  $\sigma_K$  – границя витривалості зразка із концентратором.

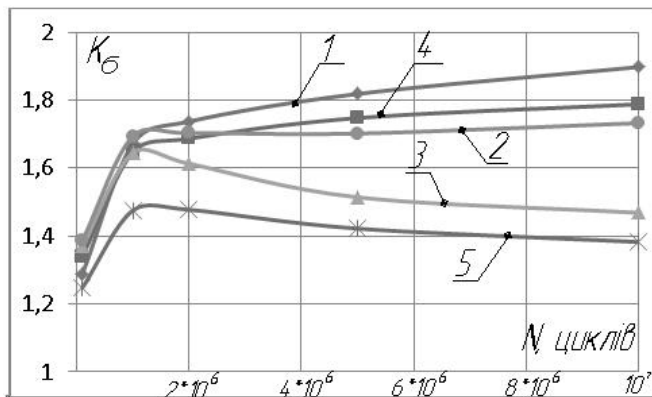


Рисунок 1 – Залежність  $K_{\sigma}$  від базової довговічності при:

1 –  $\sigma_m = 0$  МПа; 2 –  $\sigma_m = 100$  МПа; 3 –  $\sigma_m = 200$  МПа; 4 –  $\sigma_m = 300$  МПа; 5 –  $\sigma_m = -100$  МПа.

Проведені дослідження на опір втомі низьколегованої сталі 09Г2С з теоретичним коефіцієнтом концентрації напружень  $K=2,5[2]$  в умовах асиметрії циклу, вказують на те, що ефективний коефіцієнт концентрації напружень  $K_{\sigma} < 1,9$ . Це свідчить про те, що у зоні концентратора протікають пластичні деформації, які суттєво перерозподіляють максимальні напруження у поперечному перетині зразка, покращуючи його загальний напружено-деформований стан. З рисунку 1 можна зазначити, що ефективність концентрації напружень зростає з довговічністю, тобто при зменшенні максимальних напружень циклу, а також ефективний коефіцієнт концентрації напружень максимальний при симетричному навантаженні. Можна зробити висновок, що при асиметричному навантаженні процеси зміцнення у тілі деталі протікають більш інтенсивно, ніж процеси знеміцнення. Як відомо, ці процеси одночасні і неперервні при дії циклічного навантаженнях[3].

З вище сказаного можна зробити висновок, що ефективний коефіцієнт концентрації напружень має місце при симетричному циклі навантаження. При асиметричних циклах ефективний коефіцієнт концентрації зменшується у зв'язку з релаксацією, оскільки в зоні концентратора напруження можуть значно перевищувати границю текучості.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Форрест П. Усталость металлов [Текст] – М.: Машиностроение, 1973. – 352с.
2. Справочник по кранам [Текст] /Под общей ред. М.М. Гохберга ( т.1). – М.: Машиностроение, 1988. – 536с.
3. Давиденков Н.Н. Усталость металлов [Текст]. – М.: Машиностроение, 1949. – 64с.

УДК 621.87.06:620.193

Мартовицький Л.М.<sup>1</sup>, Шаніна З.М.<sup>2</sup>, Гальченко Л.В.<sup>3</sup>, Глушко В.І.<sup>4</sup>  
<sup>1,2,3,4</sup> канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

*Мартовицький Л.М., Шаніна З.М. В.І.*

## КОЛИВАННЯ КРАНОВИХ СПОРУД ЗІ ЗМІННОЮ ЖОРСТКІСТЮ ТА МАСОЮ

При досить точному (прецизійному) проектуванні балок для кранів мостового типу, особливо великих прогонів та вантажопідйомностей, раціональніше було б виконувати їх зі змінним поперечним перетином по довжині. Це, в свою чергу, відповідає нерівномірності прогінної ваги та згинної жорсткості, принаймні, у вертикальній площині.

Крім того, в процесі експлуатації металоконструкцій вантажопідйомних кранів з часом змінюються геометричні характеристики. Наприклад, за час експлуатації інтенсивний корозійний знос зменшує поперечний перетин елементів кранових металоконструкцій, які працюють в агресивних середовищах (товщину листів, площу перетину кутовників, труб і ін.). Вказані зміни впливають на жорсткісні характеристики елементів і на коливальні процеси всієї металоконструкції.

Розглянуто функціональне рівняння вільних коливань стержня (балки) з масою і жорсткістю, що змінюється вздовж елемента і в часі експлуатації. Для рішення диференційного рівняння використано метод Фур'є. При цьому позовжня згинна жорсткість та позовжня маса балки є множиною функцій, що залежать тільки від часу, на функції, що залежать тільки від позовжної координати перетину елемента.

Результатом роботи є приведення рішення до функції Бесемеля. Отримані залежності для власних форм та частот коливань кранових балок із змінною по довжині і в часі жорсткістю та масою.

УДК 621.874: 539.3

Лятуринский В.А.

асист. ЗНТУ

*Лятуринский В.А.*

## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ НАПРЯЖЕНИЯ В СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЯХ КРАНОВЫХ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ**

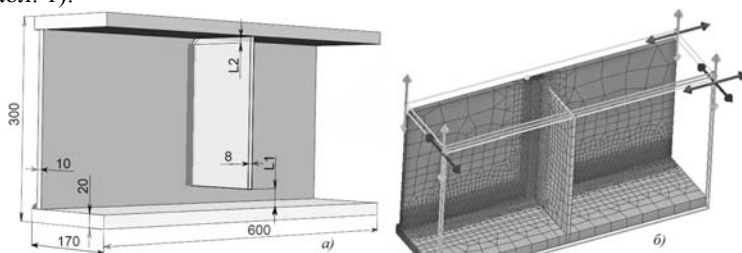
Сварные балки коробчатого сечения на сегодня являются наиболее распространённым типом пролётных строений крановых металлоконструкций (МК). В расчётах данных балок наличие и расположение диафрагм не учитывается. Авторы [1 и др.] проводили исследования по определению деформаций и остаточных напряжений (ОН) коробчатых балок (КБ) от наложения поясных швов. Суммарное воздействие от наложения шва приварки диафрагмы и поясного шва ранее не рассматривалось. Необходимы научно обоснованные рекомендации по приварке диафрагм КБ.

В исследовании использовался числовой метод конечных элементов (КЭ). Моделирование проводится в два этапа: термический и механический. Детально используемая методика моделирования была описана авторами в [2], получаемые результаты хорошо коррелируют с результатами экспериментов, что было показано в [2].

Для исследования было создано несколько конфигураций КЭ моделей КБ (рис. 1). Были получены картины напряжений для нескольких расчётных случаев (табл. 1).



На рисунке 2 показаны картины продольных ОН в опасной зоне термического влияния (ЗТВ) между поясным швом и диафрагмой КБ для модели 5 и 3 (табл. 1).

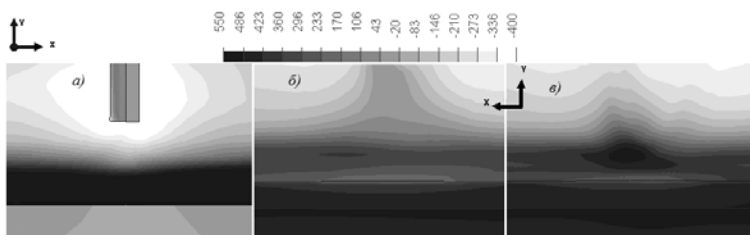


а) Габариты модели балки; б) конечно-элементное представление  
**Рисунок 1** – Коробчатая балка

**Таблица 1** – Рассчитываемые модели балки

№ модели	Поясной шов	Зазор L1*, мм	Окно L2*, мм	Связанность диафрагмы и верхнего пояса	Последовательность наложения швов (п – поясной шов, д – шов диафрагмы)	Время между налож. швов, с
1	нижн.	0	0	+	д, п	1300
2	нижн.	12	10	+	д, п	1300
3	нижн.	20	0	+	д, п	1300
4	нижн.	35	10	+	д, п	1300
5	нижн.	50	10	+	д, п	1300
6	верхн.	10	0	+	д, п	1300
7	верхн.	10	7	+	д, п	1300
8	верхн.	10	20	+	д, п	1300
9	верхн.	10	7	–	п, д	1300
10	верхн.	10	7	+	п, д	1300
11	верхн.	10	7	–	д, п	1300
12	нижн.	20	10	+	д, п	0
13	нижн.	20	10	+	д, п	250
14	нижн.	20	10	+	д, п	600

\* Размеры соответствуют рис. 1 а



а) модель 5 (внутренняя сторона стенки); б) модель 5; в) модель 3;

**Рисунок 2 – Поля ОН  $\sigma_{xx}$**

В результате исследования было установлено:

1. Величина зазора между диафрагмой и нижним поясом значительно влияет на ОН в локальной зоне стенки под диафрагмой. Здесь высоки неблагоприятные для этого участка продольные ОН растяжения. С точки зрения исчерпания пластичности и ориентации ОН критичными являются участки ЗТВ торца шва диафрагмы и ЗТВ поясного шва под диафрагмой, что совпадает и с характерными очагами трещин. Для подобных КБ можно рекомендовать зазор под диафрагмой не менее 35 мм.

2. Катет верхних подрезов диафрагмы влияет на ОН подобно нижнему зазору. Связанность диафрагмы с верхним поясом значительно разгружает стенку в вертикальном направлении. Во избежание чрезмерных напряжений и пластических деформаций катет L2 (рис. 2) должен быть  $\geq 18$  мм.

3. Установлено превалирующее влияние последнего из накладываемых швов на общую картину ОН. Для крановых КБ можно рекомендовать наложение верхнего поясного шва последним.

4. Период остывания конструкции между последовательным наложением швов существенно влияет на картину ОН, а также на величину пластических деформаций. Установлено, что одновременное наложение поясного шва и шва диафрагмы способствует 2-х кратному снижению максимальных ОН и 1,5 кратному снижению уровня пластических деформаций в опасной зоне двух близкорасположенных швов стенки КБ. В целом, избегая двойных термических циклов, можно уменьшить как величину пиковых напряжений, так и их градиенты; также появляется возможность добиться более благоприятной ориентации ОН по отношению к рабочему нагружению.

5. Источник тепловой энергии [3] показал свою высокую эффективность для моделирования электродуговой сварки МКЭ. Достаточным критерием для корректировки распределения энергии данного источника можно признать размер и форму результирующей сварочной ванны в модели.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Вершинский А.В. Технологичность и несущая способность крановых металлоконструкций [Текст] /А.В. Вершинский. – М.: Машиностроение, 1984. –167 с.
2. Лятуринский В.А. Моделирование послесварочного напряжённо-деформированного состояния коробчатых крановых балок с криволинейными швами [Текст] / В.А. Лятуринский, М.В. Сидоренко // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. – Запоріжжя, 2013. – №2. – С. 130–138.
3. Goldak J. A new finite element model for welding heat sources / J. Goldak, A. Chakvanati, M. Birbby // Metallurgical transaction B. – June 1986. – Vol. 15b. – P. 299–305.

УДК 621.81

Білий Є.Т.

канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

*Білий Є.Т.*

## ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЕКТУВАННЯ ВАЛІВ

Сучасним проектуванням валів передбачені попередні, основні та перевірі розрахунки [1–3].

Орієнтовне визначення діаметрів на різних ділянках валу здійснюється з урахуванням умов роботи та з використанням емпіричних залежностей шляхом зменшення припустимих напружень  $[\tau]$  [2].

Уточнення діаметрів ділянок вала потребує визначення небезпечного перетину вала, оскільки найбільш навантажений перетин не завжди є небезпечним.

Визначення на загальне відбувається за результатами порівняльних розрахунків двох перетинів, обраних за результатами попереднього проектування [1].

У більшості випадків такого визначення вал має залишкові запаси міцності у порівнянні з нормованими, тобто знижені техніко-економічні показники матеріаломісткості та енерговитратності.

Варіант оптимізації проектування базується на запропонованій методиці визначення небезпечного перерізу валу, яка дає можливість проектування валу з нормованим запасом міцності у цьому перерізі.

Методика дозволяє суттєво зменшити запаси міцності у перерізах з додержанням вимог щодо розміщення і фіксації на валу потрібних деталей:

– знизити трудомісткість розрахунків шляхом зменшення кількості ітерацій;

– підвищити техніко-економічні показники валів по матеріаломісткості та енерговитратності.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Решетов Д.Н. Конструирование узлов и деталей машин [Текст] / Д.Н. Решетов. – М.: Высш. шк. – 1989. – 496 с.
2. Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Конструирование узлов и деталей машин [Текст] / П.Ф. Дунаев, О.П. Леликов. – М.: Высш. шк. – 2000. – 447 с.
3. Иванов М.Н. Конструирование узлов и деталей машин [Текст] / М.Н. Иванов. – М.: Высш. шк. – 2008. – 408 с.

УДК 539.4.:621.762

Носенко М.І.<sup>1</sup>, Павлов В.О.<sup>2</sup>, Караберов Є.В.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

<sup>2</sup> д-р техн. наук, проф. ЗНТУ

<sup>3</sup> студ. гр. М-121 ЗНТУ

*Носенко М.І., Павлов В.О., Караберов Є.В.*

### **РОЗРОБКА ПРИСТРОЇВ ДЛЯ ГАРЯЧОЇ ДЕФОРМАЦІЇ ПОРОШКОВИХ ЗАГОТОВОК ПРИ ОТРИМАННІ ДЕТАЛЕЙ КОНСТРУКЦІЙНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**

Збільшення ступеня деформації на першій стадії гарячого штампування (при осадці) заготовок дозволяє підвищити щільність та механічні властивості виробів. Максимальні значення цих показників досягаються при використанні порошкових заготовок, форма і розмір яких забезпечують деформацію на рівні технологічної пластичності.

У зв'язку з цим розроблено пристрій для гарячої деформації, що забезпечує необхідну точну центровку порошкових заготовок в порожнині матриці при завантаженні, рівномірну деформацію в об'ємі матеріалу та запобігає виникненню тріщин заготовок при штампуванні.

Підвищення щільності та механічних властивостей порошкового металу, більш рівномірний їх розподіл по об'єму виробів при використанні розробленого пристрою досягається за рахунок примусового центрування заготовки, яке забезпечує більш рівномірний розподіл деформації, та попереднього обжиму заготовки бічними вставками. Виключення зон нерівномірної деформації забезпечує відсутність тріщиноутворення виробів.

УДК 621.87.08

Мартовицький Л.М.<sup>1</sup>, Руднєв О.М.<sup>2</sup>, Коваленко О.П.<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup> канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

<sup>3</sup> студ. гр. М-319м ЗНТУ

*Мартовицький Л.М., Руднєв О.М., Коваленко О.П.*

## **ВПЛИВ ЗМІНИ ЦИКЛІЧНОСТІ РОБОТИ ПОЯСІВ КРАНОВИХ БАЛОК НА ЇХ ВИТРИВАЛІСТЬ**

Кранові балки під час експлуатації навантажуються рухомими та стаціонарними зовнішніми силами. Такий спосіб навантаження призводить до циклічної роботи верхніх поясів переважно на стиски, а нижніх – переважно на розтяг. Вказані циклічні навантаження є причиною втомного руйнування поясів.

Виникла пропозиція конструювати кранові балки з можливістю перевертання вздовж осі на протязі циклу експлуатації їх. Тобто, після перевертання балки верхній пояс її становиться нижнім, а нижній – верхнім. При цьому циклічність роботи поясів змінюється на протилежне, що може призвести до збільшення сумарного строку експлуатації балки. Розроблена концепція методу та конструкція вказаної балки.

Ефективність запропонованого методу доведено розрахунково-теоретичним методом, передбачаються наступні експериментальні дослідження на втому.

УДК 621.874: 539.3

Лятуринский В.А.<sup>1</sup>, Горбачев С.С.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> асист. ЗНТУ

<sup>2</sup> студ. гр. М-319м ЗНТУ

*Лятуринский В.А., Горбачев С.С.*

## **НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ СВАРНЫХ КРАНОВЫХ БАЛОК ПРИ ИХ ИЗГОТОВЛЕНИИ**

Металлические конструкции грузоподъемных кранов составляют 70...80% от массы крана. Большую популярность в краностроении приобрели балки коробчатого типа.

Определенную сложность составляет сборка и сварка подобных балок. Вследствие сварочных работ, вызывающих температурные деформации и текучесть металла в локальных зонах, в конструкции после остывания наблюдаются остаточные деформации и напряжения. Прогнозирование данных деформаций является актуальной задачей.

Различное влияние на напряжения в элементах конструкции балки может оказать последовательность наложения швов.

В работе рассматривается влияние последовательности наложение швов на конечные деформации конструкции при её изготовлении. Целью работы являлась верификация используемой методики моделирования короблений. Была составлена конечно-элементная модель коробчатой крановой балки (рис. 1). Прикладывались усадочные нагрузки, характерные для угловых сварных швов. Швы накладывались в последовательностях I и III (рис. 2).

Результаты моделирования сравнивались с экспериментальными [1]. Была получена удовлетворительная сходимость, что подтверждает приемлемость применённой усадочной методики (табл. 1).

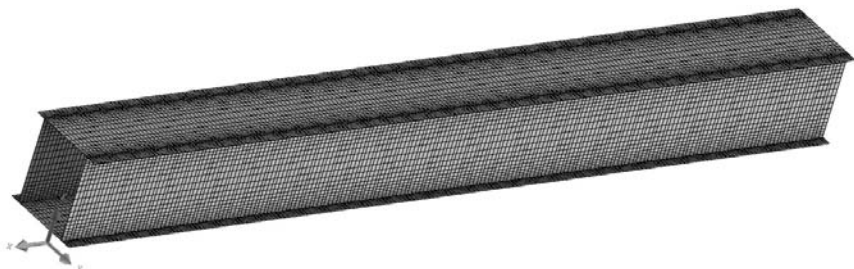
Металлические конструкции грузоподъемных кранов составляют 70...80% от массы крана. Большую популярность в краностроении приобрели балки коробчатого типа.

Определенную сложность составляет сборка и сварка подобных балок. Вследствие сварочных работ, вызывающих температурные деформации и текучесть металла в локальных зонах, в конструкции после остывания наблюдаются остаточные деформации и напряжения. Прогнозирование данных деформаций является актуальной задачей.

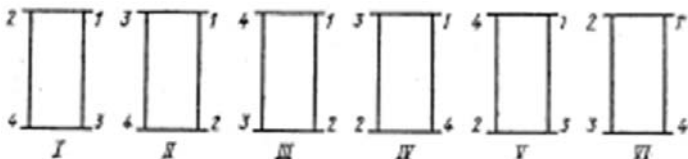
Различное влияние на напряжения в элементах конструкции балки может оказать последовательность наложения швов.

В работе рассматривается влияние последовательности наложение швов на конечные деформации конструкции при её изготовлении. Целью работы являлась верификация используемой методики моделирования короблений. Была составлена конечно-элементная модель коробчатой крановой балки (рис. 1). Прикладывались усадочные нагрузки, характерные для угловых сварных швов. Швы накладывались в последовательностях I и III (рис. 2).

Результаты моделирования сравнивались с экспериментальными [1]. Была получена удовлетворительная сходимость, что подтверждает приемлемость применённой усадочной методики (табл. 1).



**Рисунок 1** – Конечно-элементная модель коробчатой балки



**Рисунок 2** – Различные варианты последовательности выполнения поясных швов в балках коробчатого сечения

**Таблица 1** – Расчетные и экспериментальные значения прогибов  $f_y$  и  $f_z$ , мм

Вариант	Вид де- форм.	Накладываемый шов			
		1	2	3	4
I	$f_y$	-2.57/-	-5.97/-6.6	-3.62/-4.24	-1.22/-
		3.0	1.55/1.42	-1.94/2.14	1.55
	$f_z$	-4.00/-			2.40/2.87
		4.63			
III	$f_y$	-2.55/-	0.40/0.5	2.73/3.0	0.40/0.5
		2.9	-8.22/10.4	-3.45/-3.85	0.88/0.93
	$f_z$	-3.80/-			
		4.05			

**Примечание:** В числителе указаны расчетные, а в знаменателе- экспериментальные значения прогибов.

В результате проведенного исследования можно рекомендовать дальнейшее использование усадочной методики для моделирования деформаций при изготовлении крановых металлоконструкций.

УДК 621.762.4

Ляшенко О.П.<sup>1</sup>, Баришніков І.Ю.<sup>2</sup>, Стаднік О.В.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

<sup>2</sup> студ. гр. Т-411 ЗНТУ

*Ляшенко О.П., Баришніков І.Ю., Стаднік О.В.*

## **ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН МЕТОДАМИ ПОРОШКОВОЇ МЕТАЛУРГІЇ**

Деталі машин і механізмів виготовляють з чорних та кольорових металів. Вибір матеріалу деталі залежить від навантаження, умов експлуатації та середовища, в якому працює конкретна деталь. Вартість конкретної деталі залежить від матеріалу з якого вона виготовлена, технології, складності форми деталі та масштабу виробництва. Чим складніша форма деталі, тим більше операцій технологічного процесу, більші затрати робочого часу на її виготов-

лення. Суттєво зменшується коефіцієнт використання матеріалу і погіршуються показники енергозбереження.

Зменшити собівартість виготовлення деталей можна розробкою нових технологій їх виготовлення та покращення експлуатаційних показників. Експлуатаційні показники можна покращити розробкою нових стопів на основі чорних або кольорових металів. Особливо це стосується стопів на основі кольорових металів. Наприклад, титану.

Із титану і стопів на його основі виготовляють велику кількість виробів різного експлуатаційного призначення. Маса цих деталей вимірюється від декількох грамів до декількох кілограмів. Для більш широкого використання титану і його стопів необхідно подолати декілька досить значних перепон: його високу вартість, малий коефіцієнт використання металу при виготовленні деталей, а також безперервне накопичення відходів. Ці обставини стимулюють розробку способів виробництва напівфабрикатів або заготовок, розміри яких були б близькими до чистових розмірів деталей. Одним з таких методів є метод порошкової металургії.

Накопичений досвід по розробці спечених стопів і композиційних матеріалів на основі порошкового титану дозволив визначити основні напрямки в отриманні титанових виробів з заданими експлуатаційними властивостями: експлуатаційна міцність, зносостійкість, жароміцність, корозійна стійкість. Особливу увагу приділено властивостям виробів з порошкових композицій: титан-алюміній та ванадій, титан-алюміній, ванадій, молібден і інш.

На сьогоднішній день досліджено і розроблено наступні технології виготовлення конструкційних матеріалів та їх сумішей:

- порошкова металургія (ПМ);
- гідростатичне пресування (ГП);
- гаряче ізостатичне пресування (ГІП);
- гаряче штампування металевих порошків (ГШМП).



УДК 621.983.3

Обдул В.Д.

канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

*Обдул В.Д.*

### **ПРЕСИ ДЛЯ ВИТЯГУВАННЯ З НЕТРАДИЦІЙНИМ ПРИВОДОМ**

Пропонується конструкція витягувального преса з гідромеханічним зв'язком витягувального і притискального повзунів. Така конструкція значно спрощує привод повзунів з одночасним зменшенням габаритів преса. Це дозволяє також вирішити два несумісних завдання – забезпечити вистою зовнішнього повзуна в період самого витягування (на величині ходу витягувального повзуна рівному  $0,3...0,47$  повного його ходу) та швидко відведення його для відкриття робочого простору з метою видалення виробу що штампується і вкладання нової заготовки.

Крім того з'являється можливість регулювання зусилля притискування за рахунок зміни за певним законом тиску в поршневих порожнинах циліндрів приводу притискувального повзуна. Регулювання зусилля притискування дозволить зменшити гофроутворення, зтовщення стійки виробу та коефіцієнту витягування.

УДК 621.771

Матюхин А.Ю.

старш.викл. ЗНТУ

*Матюхин А.Ю.*

### **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ МЕТАЛЛА ПРИ ОСАДКЕ КОЛЬЦА В КОНТЕЙНЕРЕ**

Процессы холодной и горячей осадки цилиндрических полых изделий нашли свое широкое распространение в машиностроении. При этом, сам процесс осадки может осуществляться как при свободном течении металла (осадка между плоскими плитами), так и при ограничении течения металла в радиальном направлении (осадка в контейнерах, на оправках, в штампах).

Как показывает практика, на напряженно- деформированное состояние и силу осадки оказывают свое воздействие ряд технологических факторов. Наиболее существенно влияющие из них: температура заготовки, скорость деформации, коэффициент контактного трения, соотношения диаметральных и высотных размеров (фактора формы).

Было показано, что наиболее существенное влияние на характер течения металла, а также, на характер и значение распределения контактных нормальных и касательных напряжений, оказывает коэффициент внутреннего и наружного подпора.

Представляет теоретический и практический интерес определения напряжений и сил действующих в радиальном направлении на деформирующий инструмент со стороны заготовки, при осадке полого цилиндрического тела в контейнере или на оправке.

Целью работы является определение усилия на боковую поверхность матрицы в условиях предельного деформированного течения при осадке цилиндрической поллой заготовки.

УДК 621.979.06

Широкобоков В.В.

канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

*Широкобоков В.В.*

## **АНАЛИЗ ДЕФОРМИРУЕМОЙ ЧАСТИ СТАНИНЫ В ТРАДИЦИОННЫХ ПРЕССАХ И ПРЕССАХ С БЕСШАТУННЫМ ГИМОМ**

Целью данной работы является анализ возможности практического использования планетарного механизма в механических прессах как главного исполнительного механизма для вытяжных прессов что даст возможность повысить жесткость отдельных узлов и уменьшить высоту пресса и его массу с одновременным увеличением величины хода.

Исходя из этого был проведен подробный сравнительный анализ геометрических размеров моделей прессов с традиционным и планетарным ГИМом. Высотные размеры, анализировались исходя из деформируемой части станины.

Результаты анализа показали, что для случая, когда величина хода остается постоянной, применение планетарного главного исполнительного механизма позволяет снизить общую высоту на 25–45%, а массу пресса на – 30–45%.

Также установлено, что:

- податливость шатуна в балансе деформаций может достигать 6–8% от суммарной деформации пресса;

- отсутствие шатуна в цепи деформации положительно отражается на уменьшении длины стоек пресса, а также на снижении металлоемкости и габаритов машины;

– для операции вытяжки необходим пресс с увеличенным ходом и сохранением остальных всех параметров неизменными, что на практике приводит к увеличению общей высоты прессы;

– отдельные изменения в конструкциях главных исполнительных механизмов прессов дают возможность уменьшить расстояние от оси главного вала к столу, уменьшить высоту прессов на 20–25%, увеличить жесткость, обеспечить стойкий плоский контакт ползуна и станины на всем участке рабочего хода. Однако перечисленные преимущества проявляются при рациональных параметрах механизма и четкой направленности под конкретную операцию и технологию;

– работы, направленные на уменьшение высоты прессы и увеличение жесткости, выполнены за счет увеличения коэффициента шатуна ( $\lambda$ ) до  $0,4 \div 0,5$ , что частично позволяет решить проблему;

– можно не только снизить высоту прессы и уменьшить его массу при одновременном увеличении жесткости станины, но и снизить центр тяжести всего прессы при повышении его динамической устойчивости;

– кинестатический анализ базируется на положениях, обоснованных Сторожевым М.В., которые являются наиболее универсальными;

– традиционные методики расчета неприемлемы и необходима новая методика расчетов, или необходимо будет внести некоторые изменения в ведение расчетов по существующим зависимостям;

– в качестве главного исполнительного механизма могут быть использованы механизмы предложенные Артоблевским И.И. и Боренштейном Ю.П.

УДК 621.771

Путники А.Ю.

канд. техн. наук, докторант ЗНТУ

*Путники А.Ю.*

## **ВЛИЯНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ШИРОКОПОЛОСНЫХ СТАНОВ НА ПАРАМЕТРЫ РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ И КАЧЕСТВО ГОТОВОГО ПРОКАТА**

Результаты опытно-промышленных исследований, краткий анализ публикаций по рассматриваемой теме и постановка в них вопросов позволяют систематизировать и сформулировать проблематику исследований динамического взаимодействия клетей через прокатываемую полосу в виде комплекса задач.

Очевидно, что следует развивать комплексные опытно-промышленные исследования на непрерывных прокатных станах различного типа путем

применения цифровых средств измерений и современного программного обеспечения для обработки и представления результатов. Одновременные измерения, в частности, усилия прокатки, момента сил упругости, частоты вращения валков смежных клетей и других параметров совместно с технологическими (толщина, обжатие, ширина, температура и продольная разнотолщинность готовой полосы) позволяет глубже установить динамику и закономерности взаимосвязей и их «следы» на готовом прокате. Проведение целенаправленных измерений путем допустимых вариаций технологических параметров и задания возмущений с привязкой к конкретной прокатанной полосе дает возможность установить количественные соотношения.

По-прежнему остается актуальным определение путем измерений максимальных динамических нагрузок в оборудовании, прежде всего момента сил упругости при заполнении непрерывной группы полосой, взаимосвязи момента в смежных клетях с учетом особенностей оборудования и технологии.

Разработка и обоснование способов прямого или косвенного измерения (определения) межклетевых усилий в полосе, установление особенностей переходных процессов в полосе и количественных значений.

Разработка математических моделей и решение с их помощью сложных задач всегда позволяла устанавливать новые закономерности и количественные соотношения. Поэтому на основании уточненных математических моделей с учетом данных измерений на действующих станах можно достаточно глубоко исследовать динамику взаимодействия клетей через прокатываемую полосу.

Известно, что нейтральный угол и опережение зависят от усилий в полосе с задней и передней стороны клетки. Данная зависимость для полосовых станов изучена недостаточно. В рассмотренных работах формально соответствующие коэффициенты пропорциональности записываются, их численные значения не приводятся и роль их в результатах моделирования остается неоднозначной.

Учитывая существенное проявление крутильных колебаний при взаимодействии клетей естественно ожидать, что их учет в модели способствует более точному решению задачи. Необходимо дать количественную оценку тому, насколько целесообразно учитывать механическую податливость (жесткость) линии, от параметров которой зависят её частотные свойства, установить влияние последних на переходные процессы в полосе с учетом технологии и режимов прокатки.

Разработка математической и компьютерной модели с учетом крутильных колебаний линий привода клетей дает возможность впервые исследовать процесс динамического взаимодействия клетей в период заполнения и освобождения непрерывной группы полосой. Прежде всего, исследовать переходные процессы в межклетевых промежутках, нагрузки в полосе и форми-

рование продольной разнотолщинности готовой полосы и в промежутках с учетом времени транспортного запаздывания (переноса).

Выполненные предварительные результаты моделирования позволили подтвердить известную закономерность изменения толщины полосы на концевых участках, формирующейся в периоды заполнения и освобождения группы чистовых клетей стана 1680. Задача состоит в том, чтобы исследовать динамику взаимодействия для сравнительно толстых ( $\sim 6$  мм) и тонких ( $\sim 2 \div 1,0$  мм) полос, режимы прокатки которых, существенно различаются.

Линии главного привода и упругой системы клетей обладают «своими» частотными характеристиками. Например, низшая частота собственных колебаний клетей увеличивается к последним клетям ввиду увеличения жесткости полосы в очаге деформации. Технологические параметры в клетях непрерывной группы также различаются. Различается и техническое состояние оборудования, прежде всего, его по износу (зазоры). Поэтому важной задачей является исследование влияния возмущений со стороны технологии и оборудования на переходные процессы в полосе и продольную разнотолщинность проката.

Опыт составления компьютерной программы модели динамического взаимодействия клетей через прокатываемую полосу, в частности заполнения и выхода полосы из непрерывной группы, показал, что время решения задачи при современных ПЭВМ незначительное (до 1 мин.) что позволяет использовать её не только в исследовательских, но и в промышленных условиях.

УДК 621.771

Дубіна В.І.<sup>1</sup>, Банщікова Т.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>канд. техн. наук, проф. ЗНТУ

<sup>2</sup>студ.гр. М-810 ЗНТУ

*Дубіна В.І., Банщікова Т.В.*

## **АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЧНИХ СПОСОБІВ ГНУТТЯ ПРЯМОКУТНИХ ТРУБ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ЗУСИЛЛЯ ДЕФОРМУВАННЯ**

Виробництво автомобільної, сільськогосподарської, авіаційної техніки, залізничного транспорту, зведення ангарів, навісів, козирків та таке інше зв'язане з застосуванням великої кількості гнутих трубних деталей.

В технологічній літературі наводяться деякі засоби та способи гнуття труб.

Аверкієв А.Ю. показує гнуття труб намотуванням, гнуття на конусній оправці з криволінійною віссю та гнуття з місцевим нагріванням зони пластичної деформації.

Верстати для гнуття труб, які працюють по принципу намотування, призначенні для гнуття труб діаметром від 8 до 426 мм.

Гнуття на конусній оправці з криволінійною вісою (гнуття на розі) застосовується при виготовленні відносно коротких патрубків великої кривиз-

ни  $\frac{R_B}{d_n} = 1 - 1.5$  за пропозицією Н.А. Доллежала. Відрізки труби одягаються

на конусну оправку, яка має наявну криволінійність, потім за допомогою спеціального штовхача переміщується відносно нерухомої оправки. При цьому проходить гнуття патрубка і деяке збільшення його діаметру. Товщина стінки патрубка залишається приблизно незмінною, так як весь поперечний перетин заготовки, яка згинається, знаходиться під дією стискаючих напружень.

При вигинанні товстостінних труб на оправці застосовується нагрівання зони деформування, для цього робочу частину оправки поміщають в нагрівальний пристрій, а приймальна її частина і штовхач залишаються поза зоною нагрівання. В умовах створеного таким чином нерівномірного температурного поля, можливість загублення стійкості патрубка значно зменшується, так як зменшується зусилля, необхідне для деформування заготовки.

УДК 621.771

Широкобоков В.В.<sup>1</sup>, Еремін Е.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

<sup>2</sup> студ.гр. М-810 ЗНТУ

*Широкобоков В.В., Еремін Е.В.*

## **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВЫСОТНЫХ РАЗМЕРОВ ТРАДИЦИОННЫХ ПРЕССОВ И ПРЕССОВ С БЕСШАТУНЫМ ГИМОМ**

Использование компактных механизмов позволяет уменьшить расстояние от оси главного вала к столу пресса, что, в свою очередь приводит к уменьшению общей высоты пресса почти на 25% при одновременном, автоматическом, увеличении жесткости пресса втрое.

Из сравнения видно, что при длине шатуна, равной длине радиуса кривошипа ( $\lambda = 1$ ), возникает ситуация когда ход ползуна перестает быть равным двум радиусам кривошипа ( $S = 2R_{кр}$ ), и становится равным четырем радиусам кривошипа ( $S = 4R_{кр}$ ).

Это означает, что при одной и той же величине хода ползуна в компактном механизме с  $\lambda = 1$  радиус кривошипа вдвое меньше чем у традиционных механизмов.

Исходя из этого был проведен подробный сравнительный анализ высотных размеров наиболее распространенных прессов, выпускаемых промышленностью, и механических прессов при использовании в них в качестве ГИМа планетарного механизма.

Анализ высотных размеров показал, что расстояние оси главного вала по отношению к столу прессы уменьшается на 20–35%, что приводит к соответствующему снижению металлоемкости станины. Учитывая, что масса станины от общей массы прессы составляет 25–30%, также был выполнен анализ массовых характеристик прессов однокривошипных открытых двухстоечных, не наклоняемых, простого действия.

Результаты анализа показали, что для случая, когда величина хода остается постоянной, применение планетарного главного исполнительного механизма позволяет снизить общую высоту на 25–45%, а массу прессы на – 30–45%.

УДК 621.771

Бичевой А.Ф.<sup>1</sup>, Червонченко В.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

<sup>2</sup> студ.гр. М-811 ЗНТУ

*Бичевой А.Ф., Червонченко В.А.*

## **ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ ГАРЯЧОГО ОБ'ЄМНОГО ШТАМПУВАННЯ**

Енергозберігаючі технології передбачають економію енергоносіїв, матеріалу штамповок, підвищення стійкості деформуючого інструменту, використання прогресивних методів пластичного деформування, зменшення браку.

Розглянемо основні етапи технологічного процесу гарячого штампування та рекомендації по енергозбереженню.

Аналізи можливості спрощення геометричної форми (конструкції) деталі без пошкодження її функціонального призначення з метою забезпечення оптимальної технологічності отримання штамповки.

При різанні вихідного прокату на мірні заготовки необхідно контролювати відповідність марки матеріалу заданому, слідкувати за габаритними розмірами заготовки. Використовувати підігрів прутків при певних значеннях розмірів та міцністних характеристик.

При нагріванні заготовок перед штампуванням стежити за розрахунковою температурою та терміном перебування заготовки у печі (індукторі).

Перед штампуванням молотовий штамп, а також штампувальні вставки на кривошипний гаряче штампувальний прес підігрівати до температури 300...400 °С. При штампуванні стежити за температурним інтервалом штампування, не допускаючи зниження температури нижче мінімального.

При виготовленні штампів використовувати відповідні марки штампових сталей, технічні умови виготовлення, додержувати потрібний режим термообробки.

При сприятливих умовах використовувати безоблойну штамповку, забезпечуючи необхідну точність об'єму матеріалу заготовки.

Здійснювати контрольні заходи на всіх етапах технологічного процесу. на кожний молотових штамп (комплект штампових вставок) потрібен бути паспорт (сертифікат), у якому відзначається кількість запусків штампа у виробництво, а також кількість відштампованих деталей.

При великих програмах випуску використовувати так зване «Залишкове тепло» від попередніх операцій, створюючи безперервний технологічний потік (нагрів різанням, перед штампуванням, перед відпалом, перед фінішними операціями правки-чеканки), на кожному етапі якого виконується тільки підогрів до заданої температура.

Таким чином, енергозберігаючі технології – це насамперед розробка оптимального варіанту технологічного процесу та неухильне його дотримання.

УДК 621.771

Шейко С.П.<sup>1</sup>, Ечин С.М.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

<sup>2</sup> студ.гр. М-819 ЗНТУ

*Шейко С.П., Ечин С.М.*

## **РЕШЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ЗАДАЧИ ТЕОРИИ ПЛАСТИЧНОСТИ**

Решение пространственной задачи в аналитическом виде представляет сложную механико-математическую проблему, связанную с согласованием решения разных дифференциальных уравнений по напряжениям, деформациям, условиям связи, несжимаемости, граничным условиям. Это во многих случаях является неопределенным препятствием для получения замкнутого решения. Такие задачи требуют упрощений. Во многих процессах касательным напряжением  $\tau_{xy}$  можно пренебречь, т.е.  $\tau_{xy} = 0$ . [1]...[3]

Схема действия касательных напряжений предусматривает зоны перехода из одной области течения в другую, за счет изменения знака напряжений. Особенностью предлагаемого решения является задание граничных условий в виде двух дифференциальных обобщенных уравнений равновесия. Последние определяют условия перехода из одной зоны в другую во взаимно перпендикулярных направлениях, за счет изменения знака с использованием гармонических функций.

Полученные решения удовлетворяют замкнутую систему уравнений теории пластичности и позволяют в аналитическом виде рассчитать распределение контактных нормальных напряжений во взаимно перпендикулярных направлениях и в зоне пластического течения.



УДК 517.9

Чумаченко В.П.<sup>1</sup>, Онуфриенко Л.М.<sup>2</sup>, Чумаченко Я.В.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> проф. ЗНТУ

<sup>2</sup> канд. физ.-матем. наук, доц. ЗНТУ

<sup>3</sup> канд. тех. наук, доц. ИФНТУНГ

*Чумаченко В.П., Онуфриенко Л.М., Чумаченко Я.В.*

# **О РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ РАССЕЯНИЯ ВОЛН В $E$ -ПЛОСКОСТНОМ ВОЛНОВОДНОМ ТРАНСФОРМАТОРЕ С ОСЕВОЙ СИММЕТРИЕЙ $N$ -ГО ПОРЯДКА**

В работе [1] была предложена электродинамическая модель соединения  $N$  одинаковых волноводов, которое имеет вращательную симметрию  $N$ -го порядка относительно оси перпендикулярной плоскости соединения. Отличительной особенностью модели является способ построения искомой компоненты электромагнитного поля внутри соединительной полости, основывающийся на методе произведения областей. Численный алгоритм был проверен на тестовых задачах и показал свою эффективность как при  $3 \leq N \leq 6$ , так и при большем числе соединяемых волноводов. Однако формальное его обоснование не было дано.

Настоящая работа заполняет этот пробел для  $3 \leq N \leq 6$ . Подобно [2], бесконечные системы линейных алгебраических уравнений (БСЛУ), к которым сводится исходная граничная задача, предлагается рассматривать в качестве операторных уравнений в пространстве последовательностей  $l_1$ . Показано, что для почти всех значений частотного параметра эти уравнения не могут иметь более одного решения. С целью анализа матричный оператор каждого из уравнений представлен в виде суммы тождественного оператора, оператора, описывающего взаимодействие апертур первого и прилегающих волноводов, а также вполне непрерывного оператора, описывающего взаимодействие апертур первого и остальных волноводов. Для  $3 \leq N \leq 6$  установлено, что второй из перечисленных операторов может быть разделен на две части, а именно, оператор сжатия и вполне непрерывный оператор. Тем самым обоснованы фредгольмовость рассматриваемых уравнений и их разрешимость. Доказано, что решение каждой из БСЛУ может быть найдено методом редукции, сходящимся по норме пространства  $l_1$ .

## ЛІТЕРАТУРА

1. Chumachenko, V. P. Simple full-wave model of E-plane waveguide star junction / V. P. Chumachenko // Journal of Electromagnetic Waves and Applications.- 2002. – Vol.16, No.9 - P. 1223–1232.
2. Chumachenko, V.P. Properties of some matrix operators appearing in the theory of planar waveguide junctions / V.P. Chumachenko // Telecommunications and Radio Engineering. – 2013. – Vol. 72, No. 6. – P. 469–484.

УДК 539.3

Засовенко А.В.

канд. тех. наук, доц. каф. ВМ, ЗНТУ

*Засовенко А.В.*

### **МОДЕЛЮВАННЯ ПРОГИНАНЬ БАЛКИ КІНЦЕВОЇ ДОВЖИНИ, ЩО ЛЕЖИТЬ НА ОДНОСТОРОННІЙ ІНЕРЦІЙНІЙ ОСНОВІ**

При дії нестационарних навантажень, дослідження якісних закономірностей взаємодії балочних конструкцій з різними основами, представляють інтерес при оцінці міцності і стійкості конструкцій, оскільки порушення контакту при сумісній деформації не тільки кількісно, але і якісно змінює характер динамічного процесу.

Розглядається система, кінцевої довжини, що складається з балки, і пружної односторонньої інерційної основи. Односторонній зв'язок між балкою і основою обумовлений, тим, що основа чинить опір тільки втискуванню балки і не заважає їй відходу. Цей зв'язок визначає характер контактного тиску що виникає між балкою і основою в процесі сумісного деформування, – воно не може бути негативним.

Алгоритм чисельного розв'язку задачі, який засновано на сітково-характеристичному [1] та ітераційному методах полягає у наступному. Якщо розглядати контактний тиск як додаткове навантаження, його значення на  $(k + 1)$ -му кроці ітераційного процесу розв'язання нелінійної задачі можна визначити по відомих прогинаннях  $k$ -ої ітерації. В межах кроку за часом спочатку задається реакція основи рівною нулю і розраховується система диференціальних рівнянь. В результаті на тих ділянках, де величини контактного тиску будуть негативні, приймемо їх рівними нулю і проведемо перерахунок значень тиску на всіх останніх ділянках, використовуючи для цього відповідні рівняння. Перехід на наступних крок за часом здійснюється лише тоді, коли різниця величин контактного тиску на всіх ділянках, що відповідають двом послідовним наближенням по модулю не перевищує допустимого значення.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Засовенко А.В. Одностороннее взаимодействие балки с упругим основанием. / А.В. Засовенко, Ю. В. Мастиновский, // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні – Запоріжжя: ЗНТУ, 2005. – №1. – С.105–107.

УДК 537.86:517.5.53

Штефан Т.О.<sup>1</sup>, Слюсарова Т.І.<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> асист. ЗНТУ

*Штефан Т.О., Слюсарова Т.І.*

### **ФРАКТАЛЬНИЙ АНАЛІЗ У ІНТЕГРОДИФЕРЕНЦІАЛЬНОМУ МОДЕЛЮВАННІ ФРАКТАЛЬНО СУБСТАНЦІЙОВАНОГО СЕРЕДОВИЩА**

Пропонується застосування фрактального аналізу до інтегродиференціального моделювання нелінійних явищ (поляризації та струму) у фрактально неоднорідних середовищах.

Відомо, що навіть системи, які є близькими до ідеальних, у реальному світі мають елементи випадковості. Є підстави вважати, що більшість природних явищ найкращим чином описуються як фрактали. Крім того, якщо застосовувати фрактали до опису природних явищ, доцільно розвинути концепцію випадкових фракталів.

Основним тезисом сучасних теоретичних досліджень різноманітних фізичних явищ на системах фрактального типу є: розповсюдження часток та хвиль у фрактальному середовищі має описуватися більш загальними дробово-диференціальними рівняннями, які стають традиційно лінійними для ідеального середовища.

Фрактальна крива на будь-яких, навіть досить малих масштабах, не зводиться до прямої і є у загальному випадку геометрично нерегулярною, хаотичною. Для неї не існує і поняття дотичної у точці, бо функції, які описують ці криві, є у загальному випадку недиференційованими.

Фрактальні моделі здебільшого будують на базі різноманітних математичних алгоритмів із застосуванням сучасної комп'ютерної графіки. Якісний прорив у використанні комп'ютерів дозволяє говорити про нову галузь науки – фізику комп'ютерних експериментів.

Математичний формалізм теорії фракталів стрімко освоюють у всіх областях фізики. Актуальним на даний момент залишається питання про математичне обґрунтування застосування інтегродиференціалів для опису фрактальних структур.

УДК 539.3

Штефан Т.О.<sup>1</sup>, Величко О.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> асист. ЗНТУ

<sup>2</sup> доц. ТДАТУ

*Штефан Т. О., Величко О. В.*

## **МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ДЕФОРМУВАННЯ СТІЙКИ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ ВАЖКИХ ВАНТАЖІВ**

При перевезенні важких вантажів на відкритих площадках (вагонах, залізничних платформах та кузовах вантажних машин) їх потрібно закріплювати. Ми розглядаємо випадок, коли вантаж розміщується на спеціальних стійках і фіксується, наприклад, ремнями або бовтами. Під дією цього вантажу стійка деформується і в ній виникають внутрішні напруження, які можуть призвести до її поломки, або навіть руйнування, що, в свою чергу може викликати пошкодження вантажу та привести до аварійної ситуації. В будь-якому разі, стійки фіксуються таким чином, щоб виключити їх рух як абсолютно твердого тіла. Але основа стійки може бути або механічно зчеплена з платформою, або довільно стояти на платформі таким чином, щоб виключити горизонтальні рухи. З точки зору механіки мова йде про повний (зчеплення) або ідеальний (проковзування) контакти.

Метою цієї роботи є розробка математичної моделі процесу деформування стійки в найпростішому випадку статичної пружної плоскої деформації, проведення чисельних досліджень та розробка практичних рекомендацій відносно способів закріплення стійки на платформі. Стійка розглядається як однорідна невагома ізотропна пружна смуга, яка знаходиться в умовах плоскої деформації та міняє свою форму під тиском зі сторони абсолютно жорсткого штампу. Задача розв'язується в статичній постановці методом тригонометричних рядів. Розглянуто два типа межових умов на межах, які не контактують зі штампом. Отримано точний розв'язок задачі у вигляді рядів Фур'є, коефіцієнти яких є функціями від вертикальної координати. Приведені чисельні приклади, які ілюструють вплив межових умов на розподіл напружень в смузі.

Отримані чисельні результати дозволяють зробити загальний висновок, що з точки зору четвертої гіпотези міцності при розглянутих геометричних та механічних параметрах більш надійним є спосіб закріплення, при якому стійка може вільно ковзати вздовж поверхні, при цьому повинна бути виключена можливість її руху як абсолютно твердого тіла.

УДК 519.3

Нагорний Ю.І.

канд. физ.-матем. наук, доц. ЗНТУ

*Нагорний Ю.І.*

## **ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ДОДАТКОВОЇ РОБОТИ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ КРУТІННЯ БРУСУ ІЗ БАГАТОЗВ'ЯЗНИМ ПЕРЕРІЗОМ**

Отримано варіаційне рівняння крутіння пружно-пластичного бруса із врахуванням дислокаційного впливу. Здійснено модифікацію теореми про циркуляцію дотичних напружень шляхом врахування диференціальної функції розподілу густини дислокацій. Отримано варіаційне розв'язання задачі крутіння призматичного бруса з мало вуглецевих сталей. Визначено області пластичного впливу для бруса із врахуванням анізотропного модуля пружності та дислокаційного впливу.

Для оцінки розподілів дислокаційної структури застосовано стохастичний підхід, який пов'язує макро- та мікроевластивості металу.

Густина дислокацій технічного та хромистого заліза на стадії лінійного зміцнення характеризується нормальним розподілом, внаслідок існування лінійної залежності між нею та границею текучості. А на стадії параболічного зміцнення – розподілом Вейбула, внаслідок степеневі залежності. Параметри розподілів густини дислокацій визначено із врахуванням анізотропії.

Показано, що середня довжина вільного пробігу дислокацій характеризується розподілом вейбулівського типу та гіперпоказниковим розподілом, внаслідок існування нелінійних залежностей між густиною дислокацій та середньою довжиною вільного пробігу дислокацій.

УДК 612.014

Голєва Н.П.<sup>1</sup>, Грищенко Л.Я.<sup>2</sup>

<sup>1, 2</sup> старш. викл. ЗНТУ

*Голєва Н.П., Грищенко Л.Я.*

## **ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПРОГРАМ ПОЧАТКОВОЇ ПІДГОТОВКИ З РІЗНИХ ВИДІВ СПОРТУ У ПЕДАГОГІЧНОМУ ПРОЦЕСІ З ФІЗИЧНОГО ВИХОВАННЯ ВИЩОЇ ШКОЛИ**

Програми початкової підготовки з різних видів спорту є основою для роботи з певними віковими верствами населення, здебільшого молодшого віку. Це зумовлює перелік засобів, заходів застосовуваних у цей період, добір яких ґрунтується на вікових психофізіологічних особливостях новачків. На відміну від ДЮСШ, початковий етап підготовки з різних видів спорту у вишах має свої певні відмінності, які необхідно враховувати на всіх етапах початкового періоду – починаючи від наявності або відсутності мотивації до занять певним видом спорту на стадії відбору, рівня розвитку фізичних якостей, наявності або відсутності будь-якого спортивного (змагального) досвіду та т.і.

На час зарахування до вишів більшість студентів 1 курсу не мають жодного спортивного досвіду і зрозуміло, що метою роботи кафедр фізичної культури і спорту є залучення широких верств студентської молоді до систематичних, свідомих занять видами спорту, що культивуються у певному виші з метою підвищення рівня розвитку їх фізичних якостей, функціональних систем організму, оволодіння основами спортивної техніки в обраному виді спорту.

Найуживанішими видами спорту, які використовуються в учбовому процесі вищих навчальних закладів за нашими висновками є ігрові види спорту (футбол, волейбол, баскетбол, гандбол), різновиди сучасної гімнастики (аеробіка та її різновиди, фітнес та інші). Рідше використовуються спортивні одноборства – бадмінтон, настільний теніс, плавання, легка атлетика; атлетичні види спорту – атлетизм, пауерліфтінг, гирьовий спорт, різні види боротьби, боксу, стрільба кульова пневматична та інші.

Найрезультативнішими з точки зору досягнення масових спортивних результатів (розрядів) є такі види спорту, які не вимагають дуже ранньої спортивної спеціалізації. Поряд з можливостями отримати найпередовіші знання у вищій школі молода людина повинна мати можливість підтримувати свій функціональний стан на належному своєму віковій рівні або мати можливість реалізувати свої фізичні та інтелектуальні кондиції у тих видах спорту, які не вимагають ранньої спортивної спеціалізації та засоби яких навіть бажані до більш пізньої спортивної спеціалізації, що зумовлене певними

вимогами цих видів спорту до сталості нервової системи, певної базової фізичної підготовки та більш осмисленим технічним наповненням спортивної діяльності, ніж фізичними навантаженнями та виховування фізичних якостей, що вимагає тривалого багаторічного тренувального процесу. На нашу думку, такими видами спорту є стрільба кульова з пневматичної зброї та, наприклад – гирьовий спорт. Досвід роботи фахівців кафедри свідчить, що навіть почавши заняття ними тільки на першому курсі вишу значна кількість студентів не тільки оволодіває азами обраного виду спорту, а й при наполегливих та свідомих зусиллях виконує спортивні нормативи, і не тільки масових розрядів, але й першого спортивного та навіть нормативи кандидату в майстри та майстри спорту України. За певних умов можливе і присвоєння цих звань та розрядів студентам вишу, що має неабияке значення для молодих людей для зростання їх самооцінки, прагнення до систематичних занять фізичним вихованням та спортом та спортивного вдосконалення, а, зрештою, і для залучення та заохочення решти студентської молоді до регулярних занять спортом.

Найефективнішими з точки зору впливу на стан здоров'я та на фізичні якості студентської молоді можна вважати циклічні види спорту, далі – ігрові та певні види спортивних одноборств (спортивне орієнтування, настільний теніс, бадмінтон, боротьба, бокс). І найменший позитивний вплив на стан здоров'я та на фізичні якості студентської молоді мають технічні види спорту, вживані у вишах – такі, як стрільба кульова пневматична.

Учебний процес з фізичного виховання у вищій школі вимагає постійних змін та вдосконалення педагогічних технологій за вимогами сьогодення та необхідності враховування потреб сучасного суспільства та студентської молоді зокрема. Вже давно існує тенденція відмови від узагальнення, нівелювання у фізичному вихованні молодих людей та прагнення фахівців кафедр фізичного виховання створювати у процесі навчання у вищій школі умов для свідомого спортивного та фізичного вдосконалення студентів.

Сучасний стан вищої освіти та фізичного виховання у ній вимагає перегляду основних позицій, підходів та відношення до наповнення поняття «фізичне виховання» саме у вищій школі. Наразі, відносини «викладач – студент» дедалі менше носять характер відносин, (або типу відносин) «вихователь – виховуваний» та надалі більше наближуються до відносин типу «тренер-викладач та спортсмен».

Наразі існує нагальна необхідність не тільки використовувати засоби різноманітних видів спорту у практиці фізичного виховання вищої школи, але й переглянути відношення до методики відбору (набору) до спортивних груп і методики початкового навчання у групах спортивних спеціалізацій.

Необхідно враховувати, що до цих спортивних груп потрапляють дорослі, зрілі особи, що вже пройшли певний життєвий «відбір», мають певний життєвий досвід. Тобто, виключається стадія масового залучення неофітів до

нового виду спорту, коли із знову набраних 40 новачків зрештою залишаються та продовжують свідомі заняття спортом лише одиниці. Основна маса новачків більш молодшого віку – школярів, зокрема – лише шукає себе, сприймає ці заняття як ще одну розвагу, не ставиться до них достатньо серйозно, без певної наполегливості.

Студентська молодь потрапляє до певних спортивних груп більш свідомо, зважено, вмотивованість до занять у них досить висока. Значна кількість молодих людей має певний іноді спортивний (змагальний), іноді конкурсний, (фестивальний, концертний, «олімпіадний») досвід, який можна назвати загальним змагальним досвідом, досвідом публічних виступів, які за своїм емоційним напруженням, вимогами до вміння концентрувати увагу на необхідних елементах фізичних дій близькі до умов, які виникають на спортивних змаганнях різного рівня. Тому такі особи мають певне морально-вольове гартування, яке дозволяє їм і легше пристосуватися до тренувальних навантажень, і легше долати змагальний стрес та хвилювання і досягати певних значних спортивних результатів.

УДК 615.825

Дудник Ю. І.<sup>1</sup>, Жержерунов А. О.<sup>2</sup>, Журавльов Ю.Г.<sup>3</sup>, Крюков Ю.М.<sup>4</sup>

<sup>1,3</sup> старш. викл. ЗНТУ

<sup>2</sup> асист. ЗНТУ

<sup>4</sup> канд. пед. наук, доц. ЗНТУ

*Дудник Ю. І., Жержерунов А. О., Журавльов Ю.Г., Крюков Ю.М.*

## **ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ПРИ МАКСИМАЛЬНОМУ СПОЖИВАННІ КИСНЮ**

У вітчизняній і закордонній літературі представлені матеріали численних досліджень, що аналізують плавання й біг, а також є спроби зіставити плавальні і бігові навантаження.

Ціль експерименту – вивчити працездатність спортсменів при подібних за структурою й часом максимальних напругах при плаванні і бігу з використанням спеціальних тестів, що дозволяють досягти максимуму споживання кисню (МСК).

Подих, при виконанні фізичних навантажень, – це єдиний процес, здійснюваний цілісним організмом і складається із трьох нерозривних ланок:

а) зовнішнього подиху, тобто газообміну між зовнішнім середовищем і кров'ю легеневих капілярів;

б) переносів газів, здійснюваного системами кровообігу;

в) внутрішнього (тихорецького) подиху, тобто газообміну між кров'ю й кліткою, у процесі якого клітки споживають кисень і виділяють вуглекислоту. Основу тихорецького подиху становлять складні окислювально-відновні



реакції, що супроводжуються звільненням енергії, що необхідна для життєдіяльності організму.

Працездатність спортсмена визначається в основному тим, яку кількість кисню ( $O_2$ ) забрано із зовнішнього повітря в кров легеневих капілярів і доставлено в тканини й клітки. Системи подиху тісно пов'язані між собою й мають взаємну компенсацію. Так, при серцевій недостатності настає задишка, при недолику  $O_2$  в атмосферному повітрі (наприклад, у горах) збільшується кількість еритроцитів – переносників кисню, при захворюваннях легень настає тахікардія.

Під час фізичних навантажень споживання кисню значно збільшується. Це висуває підвищені вимоги до функції серцево-судинної й дихальної систем. Тому кардіореспіраторна система при м'язовій роботі піддається змінам, які залежать від інтенсивності фізичних навантажень.

Як установлено досвідами, МСК наступало, як правило, після 5-ї хвилини роботи. При порівнянні не вдалося встановити достовірних відмінностей у величинах МСК, отриманих при плаванні й бігу. В абсолютних величинах МСК у випробуваних становить від 3,70 до 5,60 л/хв., а стосовно ваги тіла – 48,6 – 67,6 мл/хв/кг.

Таким чином, проведені дослідження дозволяють зробити наступні висновки: зростаюча інтенсивність м'язової діяльності приводить до максимально можливого для організму споживання кисню; при функціональній граничній напрузі організму максимальне споживання кисню досягається незалежно від характеру діяльності (плавання, біг та ін.); рівні величини МСК при плаванні й бігу забезпечуються різною напругою функціональних систем організму; плавання, порівняно з бігом, пред'являє менші вимоги до серцевої продуктивності; отримані дані, що характеризують граничні м'язові напруги при плаванні і бігу, можуть бути основою при плануванні тренувального процесу.

УДК 615.825

Ремешевський О.В.<sup>1</sup>, Крюков Ю.М.<sup>2</sup>, Крюкова І. М.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> асист. ЗНТУ

<sup>2</sup> канд. пед. наук, доц. ЗНТУ

<sup>3</sup> старш. викл. ЗДА

*Ремешевський О.В., Крюков Ю.М., Крюкова І. М.*

## **КОМПОНЕНТИ КОНДИЦІЙНОГО ТРЕНУВАННЯ**

Система фізичних вправ, спрямованих на підвищення функціонального стану до необхідного рівня, називається оздоровчим, або кондиційним тренуванням. Першочерговим завданням оздоровчого тренування є підвищення рівня фізичного стану до безпечних величин, що гарантують стабільне здо-

ров'я. Найважливішою метою тренування є профілактика серцево-судинних захворювань, які є основною причиною непрацездатності й смертності в сучасному суспільстві.

Крім того, необхідно враховувати вікові фізіологічні зміни в організмі. Все це обумовлює специфіку занять оздоровчою фізичною культурою та вимагає відповідного підбору тренувальних навантажень, методів і засобів тренування.

В оздоровчому тренуванні (так саме, як і у спортивному) розрізняють наступні основні компоненти навантаження, що визначають його ефективність:

- тип навантаження, величину навантаження, тривалість (обсяг) і інтенсивність,

- періодичність занять (кількість разів у тиждень), тривалість інтервалів відпочинку між заняттями.

Характер впливу фізичного тренування на організм залежить, насамперед від виду вправ, структури рухового акту.

В оздоровчому тренуванні розрізняють три основних типи вправ, які мають різну виборчу спрямованість:

- 1 тип – циклічні вправи аеробної спрямованості, що сприяють розвитку загальної витривалості;

- 2 тип – циклічні вправи змішаної аеробно- анаеробної спрямованості, які розвивають загальну та спеціальну (швидкісну) витривалість;

- 3 тип – ациклічні вправи, що підвищують силову витривалість.

Але, оздоровчим і профілактичним ефектом, відносно атеросклерозу й серцево-судинних захворювань, володіють лише вправи, спрямовані на розвиток аеробних можливостей і загальної витривалості. Це положення особливо підкреслюється в рекомендаціях Американського інституту спортивної медицини.

УДК 612.01

Соловійова М.Г.<sup>1</sup>, Терьохіна О.Л.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> доц. ЗНТУ

<sup>2</sup> старш. викл. ЗНТУ

*Соловійова М.Г., Терьохіна О.Л.*

## **ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ФІЗИЧНОГО ВИХОВАННЯ СТУДЕНТІВ**

Формування у студентів переконань про важливість значення фізичної культури в житті людини є важливим і в той же час складним питанням.

Згідно із зазначеними передумовами об'єктом нашого дослідження стала навчальна діяльність вищої школи по вихованню студентів у процесі за-

нять фізичною культурою і спортом, а предметом дослідження – особистість студента. Мета дослідження полягала в теоретичному обґрунтуванні, та розробці науково-практичних основ системи виховання студентів у процесі занять фізичною культурою та спортом у виші.

При розробці вказаної системи ми виходили з того, що заняття фізичною культурою і спортом втілюють у собі єдність педагогічного впливу і безпосередньої чуттєво – практичної діяльності об'єкту виховання. Більше того, об'єкт виховання, по суті справи, є тут і суб'єктом діяльності.

Відомо, що не тільки педагог виховує студентів, але і вони виховують його, впливають на його поведінку, на характер їх відносин. Крім того, студенти впливають один на одного. Врешті решт, вони виховують самі себе, по-різному реагуючи при цьому на процес виховання. Іноді, наприклад, фізичне самовиховання виникає як результат правильно та ефективно організованого процесу фізичного виховання, іноді всупереч йому, іноді ці процеси протікають незалежно один від одного. Тому для ретельного вивчення продукту педагогічної діяльності викладача необхідно не менш ретельно вивчати діяльність студентів, їх ставлення до викладачів, до товаришів, до предмету їхньої діяльності.

Педагогічні відносини – основний об'єкт вивчення виховних явищ. Саме вони лежать в основі явища, що вивчається або виникають в його результаті. Або саме явище є результатом педагогічних відносин. Будь-яка система виховної роботи ефективна в практичному плані лише при дотриманні двох основних умов:

- правильного обліку закономірностей виховного процесу як об'єктивного процесу трансформації зовнішніх вимог в особисте надбання вихованців;

- обліку принципу зворотних зв'язків, тобто постійної корекції цілей і завдань, конкретизації принципів виховання та вибору методичних шляхів у відповідності з динамікою, сформованістю тих чи інших якостей у об'єктів виховання.

Система, таким чином, заснована на повсякденній корекції окремих блоків з урахуванням зворотних зв'язків системи «студент – педагог».

Таким чином, регулятором поведінки виявляються неправильні ідеї, стереотипи, пов'язані з повсякденною, індивідуальною свідомістю, а не з науковою. Повноті формування світогляду студентів сприятиме така діяльність викладача, при якій він співвідносить життєві та наукові знання, показує помилковість деяких життєвих стереотипів, суджень і поведінки, розкриває причини появи помилкових уявлень.

УДК 796.2

Кемкіна .В.І.<sup>1</sup> , Сокирко.О.<sup>2</sup> , Кемкін.В.В.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> канд. пед. наук, доц. ЗНТУ

<sup>2</sup> канд. пед. наук, доц. каф. СІ ЗНУ

<sup>3</sup> студ. ЗДМУ

*Кемкіна .В.І. , Сокирко.О. , Кемкін.В.В.*

## **РУХЛИВІ ІГРИ З ПЛАВАННЯ ДЛЯ СТУДЕНТІВ НА ЗАНЯТТЯХ З ФІЗИЧНОГО ВИХОВАННЯ**

Гра, благотворно впливаючи на нервову систему збуджуючи ігровий азарт, прагнення до перемоги, специфічно і невимушено виховує інтерес до подолання труднощів і перешкод на шляху до поставленої мети, спонукає повніше використовувати свої знання, вміння та навички в узгоджених діях з товаришами по команді.

Рухливі ігри, що застосовуються на заняттях з плавання, сприяють оволодінню і закріпленню необхідних плавальних умінь, вивчення нових рухових дій у воді, формуванню плавальної навички і специфічних плавальних умінь. Під час гри відбувається багаторазове повторення предметного матеріалу в його різних поєднаннях і формах.

Включення рухливих ігор в заняття з плавання виправдано в будь-якому віці, однак найбільше значення вони набувають при навчанні плаванню студентів. Складність ігор, що застосовуються на заняттях повинна бути доступною і зростати поступово, бути доступною для тих, що займаються та відповідати ступеню їх плавальної підготовленості.

При проведенні ігор обов'язково дотримуватися наступних методичних вимог:

- в кожній грі ставиться завдання, яке сприяє навчанню потрібним елементам техніки плавання і розвитку тих чи інших фізичних якостей;
- гра повинна бути посилююю, відповідати рівню підготовленості студентів, надавати позитивний емоційний вплив;
- гра повинна сприяти прояву активності та ініціативи учасників;
- інструктор зобов'язаний контролювати ступінь емоційності тих, що займаються і вчасно припиняти гру, керувати нею.

Ігри у воді проводяться індивідуальним (без поділу на групи (команди)) і груповим методом (з поділом на групи (команди)).

Класифікація ігор наступна:

- ігри, що включають елемент змагання і не мають сюжету;
- ігри з сюжетом;
- командні ігри.

Відповідно з педагогічними завданнями всі ігри на воді можуть бути переважно спрямовані на:

- засвоєння водного середовища;

- навчання студентів техніці дихання, пірнання, лежання на воді та спливання;
- розвиток різних рухових і плавальних якостей;
- навчання студентів техніці плавальних рухів.

УДК 796.2

Кемкіна В.І.<sup>1</sup>, Дуднік.Ю.І.<sup>2</sup>, Жержерунов.А.А.<sup>3</sup>, Журавлев. Ю.Г.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> канд. пед. наук, доц. ЗНТУ

<sup>2,4</sup> старш. викл. ЗНТУ

<sup>3</sup> асист. ЗНТУ

*Кемкіна В.І., Дуднік.Ю.І., Жержерунов.А.А., Журавлев. Ю.Г.*

## **ГОЛБОЛ ЯК ВИД СПОРТУ ДЛЯ СТУДЕНТІВ НА ЗАНЯТТЯХ З ФІЗИЧНОГО ВИХОВАННЯ У ВИЩИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ**

Голбол як вид спорту, і як один з засобів фізичного виховання перебуває під пильною увагою багатьох вчених і фахівців. Роботи багатьох авторів присвячені методиці навчання, удосконалення техніки та тактики голболу, а також вдосконаленню засобів і методів розвитку спеціальних фізичних якостей спортсменів.

Голбол є однією з нових ігор у студентської молоді. Багато фахівців стверджують, що різноманітність рухів у голболі сприяє зміцненню нервової системи, рухового апарату, поліпшенню обміну речовин і діяльності всіх систем організму тих, хто займається.

Розглядаючи голбол як засіб фізичного виховання, можна ставити завдання зміцнення здоров'я, поліпшення фізичного розвитку, підвищення життєдіяльності організму молоді, а також підготовки до праці і оборони. Популярність гри забезпечується ще й тим, що вона представляє винятковий за глибиною і різнобічністю впливу засіб загальної фізичної підготовки, з допомогою якого прекрасно вдосконалюються сила, швидкість, витривалість, спритність.

Таким чином, широка популярність голболу зумовила його включення, як одного з засобів фізичної підготовки в навчальні програми з фізичної культури в середніх і вищих освітніх установах країни.

У даний час організація навчального процесу з фізичної культури у вишах проводиться у двох напрямках: традиційний – загальна фізична спрямованість, з використанням комплексу різноманітних засобів, і спортивний – на базі обраного виду спорту. У багатьох навчальних закладах підтримують другий напрямок.

Приоритетним напрямком в організації занять з фізичної культури є організація занять за вибором студентів. У зв'язку з цим виникає питання, який вид фізичного навантаження є найкращим для студентів. Приоритетність

напрямків підготовки і вибір виду спорту, який впроваджується в навчальний процес, базуються на численних дослідженнях інтересів студентів. Серед видів спорту, що викликають особливу зацікавленість студентів, фахівці називають спортивні ігри.

Численні дослідження вказують на поширення голболу серед студентської молоді.

Впливаючи різнобічно і багатопланово, голбол є засобом гармонізації особистості, її фізичного, психологічного, емоційного та інтелектуального розвитку.

Розглянемо вплив голболу на виховання певних особистісних якостей студентської молоді. Голбол характеризує змагальність, що впливає на виховання у гравців наполегливості, рішучості та цілеспрямованості. Кожен гравець впродовж гри самостійно визначає, які дії йому необхідно виконувати і вирішує, коли і яким способом йому діяти, що формує у тих, що займаються творчу ініціативу. Голбол є колективною грою, що сприяє виробленню звички підкоряти свої дії інтересам команди. Розвиток зазначених якостей благотворно впливає на скорочення періоду адаптації при вступі до ВНЗ та подальше успішне навчання.

При грі в голбол гравцеві доводиться діяти залежно від ситуації, а не за певними програмами. Основною формою діяльності мозку в цих умовах є творча діяльність – миттєва оцінка ситуації, вирішення тактичного завдання, вибір відповідних дій. Тому застосування голболу у вишах є ефективним засобом розвитку творчого мислення студентів. Великий обсяг і висока інтенсивність тренувальних і змагальних навантажень, необхідність швидких і точних диференціювань призводять до підвищення рівня розвитку сили і рухливості нервових процесів, що сприяє розвитку розумової працездатності студентів. Гра в голбол є навантаженням аеробно-анаеробного характеру, і тому застосування голболу як засобу фізичного виховання студентів вишів є ефективним для розвитку витривалості, що важливо для представників спеціальностей, що вимагають тривалих розумових навантажень.

Поліпшення загальної фізичної підготовки студентів у процесі фізичного виховання з акцентуванням на голбол сприяє зміцненню здоров'я, вихованню основних фізичних якостей, підвищенню рівня загальної працездатності. Рухова активність позитивно впливає на життєдіяльність організму, зокрема на збалансованість метаболізму, активізацію вегетативних систем, формування нервових механізмів, управління процесами, розвиток організму в цілому. Так, комплексна методика підготовки голбольних команд вищих навчальних закладів сприяла підвищенню практично всіх показників тестування спеціальної фізичної підготовленості.

Гра в голбол емоційно захоплююча, тому таке проведення часу сприяє зняттю психоемоційного напруження. Така особливість голболу, як емоцій-

ність, створює сприятливі умови для виховання в голболістів уміння керувати емоціями, не втрачати контролю над своїми діями.

Застосування голболу під час організації процесу фізичного виховання студентів вишів позитивно впливає на процес гармонізації особистості.

Заняття голболом передбачає високу рухову активність гравців, отже, заняття голболом в процесі фізичного виховання студентів вишів задовольняє потреби в руховій активності. Різноманітні рухи, характерні для голболу, такі як ходьба, біг, зупинки, повороти, стрибки, ловля, кидки і ведення м'яча, сприяють зміцненню нервової системи, рухового апарату, поліпшенню обміну речовин і діяльності всіх систем організму студентів.

Таким чином, гра в голбол передбачає розвиток спеціальних фізичних якостей, а саме, швидкості (здатність гравця виконувати свої дії в найкоротшій проміжки часу), спритності (уміння швидко і точно виконувати складні за координацією рухи), від яких багато в чому залежить рівень здоров'я студентів.

Заняття фізичною культурою за вибором студентів є пріоритетним напрямком організації процесу фізичного виховання. Заняття голболом сприяє гармонізації особистості студента, їх фізичного, психологічного, емоційного та інтелектуального розвитку.

Таким чином, у процесі свого розвитку голбол став не тільки популярним, яскравим і видовищним видом спорту, але і всебічним, комплексним засобом фізичної підготовки молоді. У зв'язку з цим фахівці приділяють велику увагу організації занять, вибору тренувальних засобів з метою підвищення рівня не тільки спортивної майстерності, а й здоров'я студентів.

УДК 378.02:769

Сокол.Л.Г.<sup>1</sup>, Напалкова.Т.В.<sup>2</sup>, Барська.Н.Л.<sup>3</sup>, Мілкіна.О.В.<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> старш. викл. ЗНТУ

*Сокол.Л.Г., Напалкова.Т.В., Барська.Н.Л., Мілкіна.О.В.*

## **ФІЗИЧНІ ВПРАВИ І РАЦІОНАЛЬНЕ ХАРЧУВАННЯ У ЗНИЖЕННІ ВАГИ СТУДЕНТІВ**

Одне із важливих завдань сучасної школи – виховати фізично, морально, соціально, духовно здорову людину. Адже стан здоров'я населення України свідчить про існування реальної загрози вимирання нації. Справедливими є слова: «Гроші втратив – нічого не втратив, час втратив – багато втратив, здоров'я втратив – усе втратив». Чи інше: «Здоров'я – це ще не все, а все інше без нього – ніщо».

Сьогодні майже 90% дітей дошкільного віку, учнів і студентів мають відхилення у здоров'ї. Тільки за останні 5 років на 41% збільшилася кількість учнівської молоді, віднесеної за станом здоров'я до спеціальних медичних

груп. На 60% зросла кількість неповнолітніх, які вживають наркотики, палять, п'ють.

Людина сьогодні звикла сподіватися не на захисні сили свого організму, а на могутність медицини. Академік Амосов стверджував: «Щоб бути здоровим, потрібні власні зусилля, постійні і значні. Замінити їх не можна нічим».

Так що таке здоров'я?

Здоров'я – сукупність фізичних, духовних, соціальних якостей людини, що є основою її довголіття і необхідною умовою здійснення творчих планів, умовою високої працездатності, створення міцної сім'ї, народження і виховання дітей.

Здоров'я людини – цікаве й складне явище. Воно завжди привертало і буде привертати увагу не лише дослідників, але й кожної людини. Це поняття таке давнє, що на всіх мовах світу є слово «здоров'я». Здоров'я – це висока працездатність, гарний настрій, упевненість у собі. Фізичне здоров'я дає гарне самопочуття, бадьорість, силу. Психічне здоров'я дарує спокій, чудовий настрій, доброту, веселість. Соціальне здоров'я забезпечує успішність у навчанні. Але ніщо з цього не дається задарма. Для того, щоб зберегти своє здоров'я, треба докладати неабияких зусиль.

Стан здоров'я людини залежить на 20% від спадковості, на 10% від рівня розвитку медицини, на 20% від стану довкілля, на 50% від способу життя. Тому справедливими є слова: «Ваше здоров'я у ваших руках». Людина біологічно запрограмована на багато більше років життя, ніж відводить собі. Ілля Мечников стверджував: «Людина, яка померла раніше 150 років вчинила над собою насильство».

І так, ми, дійсно, чинимо над собою насильство щоденно. Люди давно переконалися, що на здоров'я впливає безліч чинників, і найголовніший із них – це спосіб життя.

Спосіб життя – це сукупність стійких форм життєдіяльності людини, які визначають її життєвий шлях. Це – сукупність її звичок. Якщо людина з дитинства, з молодих років постійно й наполегливо дбає про своє здоров'я, вона в основу життєдіяльності закладає такі стійкі корисні звички, навички, поведінку, спосіб мислення, сприйняття оточуючих і себе, які й визначають основний її напрямок – шлях здоров'я. Вона обирає здоровий спосіб життя.

Здоровий спосіб життя передбачає дотримання звичайного виконання певних правил, що забезпечують гармонійний розвиток, високу працездатність, духовну рівновагу та здоров'я людини. В основі здорового способу життя лежить індивідуальна система поведінки й звичок кожної окремої людини, що забезпечує їй потрібний рівень життєдіяльності й здорове довголіття. Здоровий спосіб життя – це практичні дії, спрямовані на запобігання захворювань, зміцнення всіх систем організму й поліпшення загального самопочуття людини.



УДК 378.02:769.011.1

Чухланцева Н. В.<sup>1</sup>, Сокол Л. Г.<sup>2</sup>, Напалкова Т. В.<sup>3</sup>, Барська Н. Л.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> канд. наук з фіз. вих., доц ЗНТУ

<sup>2,3,4</sup> старш. викл. каф. ЗНТУ

*Чухланцева Н. В., Сокол Л. Г., Напалкова Т. В., Барська Н. Л.*

## **ЗДОРОВ'ЯРОЗВИВАЮЧА СПРЯМОВАНІСТЬ ФІЗИЧНОГО ВИХОВАННЯ СТУДЕНТІВ**

Фізичне виховання як навчальна дисципліна тісно взаємопов'язана з іншими навчальними дисциплінами і видами діяльності студентів (суспільною, пізнавальною, трудовою, естетичною), сприяє фізичному розвитку студентів, їх самоствердженню та розвитку їх індивідуальності. Саме ця навчальна дисципліна безпосередньо впливає на здоров'я та характер людини, його моральні та вольові якості. На сьогодні простежується тісний зв'язок між здоров'ям людини, її фізичним розвитком та оволодінням фізичною культурою в цілому. Реальна система фізичного виховання студентів, що склалася в державі, малоефективна. Вона не забезпечує психофізичну і професійну готовність випускників до виробничої діяльності та подальшого життя і потребує подальшого удосконалення. Обмеження уявлень про значення і роль процесу фізичного виховання призводить до негативних наслідків, адже чисельність практично здорових студентів сьогодні знизилась до 25–30%, а кількість студентів, які займаються в спеціальних медичних групах сягає 35–40% від загальної кількості тих, хто займається.

Модель сполученої педагогічної діяльності викладача і студента з проєктування, організації індивідуального режиму рухової активності студента, що спрямована на профілактику захворювань, зміцнення і вдосконалення здоров'я задля якісної підготовки до професійної діяльності отримала назву «здоров'я розвиваюча технологія».

Науковці зазначають, що здоров'я розвиваюча спрямованість фізичного виховання у ВНЗ, формування здорового способу життя студентів має носити більш практико-орієнтований характер. Збільшення рухової активності можливо досягти при урахуванні індивідуальних рухових характеристик та морфо-функціональних здібностей організму кожного конкретного студента.

Вочевидь, метою і основними напрямками «здоров'я розвиваючої» технології фізичного виховання студентів ВНЗ повинно стати формування необхідних знань, вмінь і навичок задля визначення оптимальних рухових режимів, які підвищують рівень функціонального стану і здоров'я студента.

Визначено, що основоположними факторами при розробці інноваційних проєктів, нових педагогічних технологій, оздоровчих методик є:

– фізичний статус студента. Це відправний момент всього освітнього процесу з фізичного виховання. Проблемними є питання розробки і система-

тизації єдиних критеріїв тестування фізичного стану студентів кожної вікової групи і навчального відділення;

- моніторинг здоров'я студентів. Особиста динаміка фізичного і функціонального стану за весь період навчання у ВНЗ, порівняльні характеристики по навчальним групам, курсам, факультетам. Своєчасність інформації по пропускам занять, захворюванням, відхиленням у стані здоров'я. Розробка додаткових критеріїв комплектування навчальних груп (особливо у спеціальному медичному відділенні), дозування, контролю і корекції фізичних навантажень;

- взаємозв'язок фізичного виховання з основною (навчальною) діяльністю;

- пошук балансу між розумовим і фізичним навантаженням з урахуванням пріоритетності інтелектуальної освіти і збереження здоров'я тих, хто займається.

- вирішення проблеми вибору форм, засобів і методів фізичного виховання з урахуванням мотивації, інтересів і відношення до занять фізичними вправами;

- спортивно-орієнтоване виховання студентів як форма емоційної підтримки і збереження масовості тих хто займається;

- фізкультурно-оздоровчі програми. Необхідність їх розробки і вдосконалення зумовлена як контингентом осіб, який постійно змінюється, так і цільовим спрямуванням навчального процесу.

Умовами реалізації є: розробка індивідуальних фізкультурно-оздоровчих програм фізичної підготовки; створення освітньої програми з культури здоров'я в системі фізичного виховання; впровадження оцінювання ефективності фізкультурно-оздоровчого процесу.

УДК 796.015

Голева Н.П.<sup>1</sup>, Мотуз С.О.<sup>2</sup>, Михайленко Н.В.<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> старш. викл. ЗНТУ

*Голева Н.П., Мотуз С.О., Михайленко Н.В.*

## **СПЕЦИАЛЬНАЯ ПОДГОТОВКА ПЛОВЦОВ – СПРИНТЕРОВ**

Эффективность реализации потенциала двигательных возможностей при сохранении главной цели системы движений – достижение высокого результата – зависит от адекватности двигательного действия и двигательных перестроек потенциалу физических возможностей в каждый конкретный момент прохождения дистанции, т.е. в результате данного соответствия происходит оптимальное проявление специальных физических качеств в движениях пловца.

С целью разработки методики срочного определения степени проявления физических качеств в движениях пловца на дистанции проведены экспериментальные исследования специальных двигательных качеств пловцов-спринтеров и компенсаторно-приспособительных реакций структуры их движений на нагрузку соревновательного упражнения, выполняемого на 100-метровой дистанции способом на спине. В исследованиях двигательных действий использовалась комплексная тензометрическая методика, позволяющая регистрировать динамические и кинематические характеристики движений пловца на протяжении всей дистанции. Специальные двигательные качества оценивались по данным тестов, характеризующих скоростные возможности, аэробную и анаэробную производительность, силу тяги в воде и эффективность гребковых движений.

В результате проведенных исследований установлено, что значительная часть приспособительных реакций происходит в динамической, временной и ритмической структурах системы движений.

Увеличение длительности гребкового цикла происходит за счет достоверного увеличения длительности периодов гребковых взаимодействий рук относительно недостоверных изменений длительности подготовительных периодов. При этом наблюдается достоверное снижение усилий при подтягивании. Параметры пространственной структуры не претерпевали изменений. Ритмическая структура была оптимальной на стартовом и финишном отрезках дистанции.

Корреляционный анализ взаимосвязей компенсаторно-приспособительных реакций двигательных качеств позволил определить структуры проявления специальных физических качеств в движении пловца на дистанции.

Использование данных структур в оценке эффективности движений пловца на дистанции позволяет выявить:

- за счет преимущественного развития каких физических качеств выполняется работа на отдельных отрезках дистанции и в целом;
- проявлением какого физического качества является та или иная реакция структуры движений или отдельного ее элементы;
- степень проявления специальных физических качеств в движениях пловца на дистанции.

Данная информация позволяет определить резервы в подготовленности пловца и наметить пути целенаправленного педагогического воздействия с целью дальнейшего совершенствования его спортивного мастерства.

Повышение эффективности занятий спортивным плаванием предполагает познание личностных особенностей пловцов, что может обеспечить дифференцированный характер средств плавательной подготовки.

Для выявления индивидуальных особенностей пловцов использовался стандартизированный метод исследования личности ММРІ (Л.Н. Собчик, 1971).

Выявлено наличие существенной связи между показателями объема, интенсивности нагрузки и личностными особенностями пловцов.

Установлено, что у пловцов, успешно контролирующих свое эмоциональное состояние, спокойных и уверенных в себе, наблюдается предпочтительный выбор плавательных нагрузок с пониженным объемом. У пловцов, не обладающих указанными личностными свойствами, наблюдается стремление к использованию нагрузок с повышенным объемом.

Пловцы, у которых отсутствуют качества лидера, честолюбия, по своим личностным особенностям тревожные, мнительные, зависимые, неуверенные – предпочитали выполнять нагрузки с относительно повышенной интенсивностью. Для пловцов, имеющих противоположные личностные особенности, типичным было использование нагрузок низкой интенсивности.

Полученные данные позволяют расширить научное представление о возможности регулирующих воздействий на психофизиологическое состояние пловцов в процессе повышения нагрузок на принципиально новом научном подходе, при котором приоритетное значение приобретают не традиционные нагрузки по показателям пульса и рациональному двигательному режиму, а соотнесенность личностных свойств с предпочтительным свободным выбором нагрузки.

Экспериментальные данные позволяют утверждать, что коррекция объема и интенсивности нагрузок, проведенная по показателям личностных свойств, повышает заинтересованность спортсменов при занятиях спортивным плаванием, создает стойкое наличие положительных эмоций, чувства радости, хорошего настроения, желания заниматься.

Повышение эффективности занятий спортивным плаванием предполагает познание личностных особенностей пловцов, что может обеспечить дифференцированный характер средств плавательной подготовки.

Для выявления индивидуальных особенностей пловцов использовался стандартизированный метод исследования личности ММРІ (Л.Н. Собчик, 1971).

Выявлено наличие существенной связи между показателями объема, интенсивности нагрузки и личностными особенностями пловцов.

Установлено, что у пловцов, успешно контролирующих свое эмоциональное состояние, спокойных и уверенных в себе, наблюдается предпочтительный выбор плавательных нагрузок с пониженным объемом. У пловцов, не обладающих указанными личностными свойствами, наблюдается стремление к использованию нагрузок с повышенным объемом.

Пловцы, у которых отсутствуют качества лидера, честолюбия, по своим личностным особенностям тревожные, мнительные, зависимые, неуверенные – предпочитали выполнять нагрузки с относительно повышенной интенсивностью. Для пловцов, имеющих противоположные личностные особенности, типичным было использование нагрузок низкой интенсивности.

Полученные данные позволяют расширить научное представление о возможности регулирующих воздействий на психофизиологическое состояние пловцов в процессе повышения нагрузок на принципиально новом научном подходе, при котором приоритетное значение приобретают не традиционные нагрузки по показателям пульса и рациональному двигательному режиму, а соотносённость личностных свойств с предпочтительным свободным выбором нагрузки.

Экспериментальные данные позволяют утверждать, что коррекция объема и интенсивности нагрузок, проведенная по показателям личностных свойств, повышает заинтересованность спортсменов при занятиях спортивным плаванием, создает стойкое наличие положительных эмоций, чувства радости, хорошего настроения, желания заниматься.

УДК 796.015

Грищенко Л.Я.<sup>1</sup>, Жук В.С.<sup>2</sup>, Путров О.Ю.<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup> старш. викл. ЗНТУ

<sup>3</sup> асист. ЗНТУ

*Грищенко Л.Я., Жук В.С., Путров О.Ю.*

## **ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ПОДХОД К ВЫБОРУ СРЕДСТВ ПОДГОТОВКИ СПОРТСМЕНОВ**

Повышение эффективности занятий спортивным плаванием предполагает познание личностных особенностей пловцов, что может обеспечить дифференцированный характер средств плавательной подготовки.

Для выявления индивидуальных особенностей пловцов использовался стандартизированный метод исследования личности ММРІ (Л.Н. Собчик, 1971).

Выявлено наличие существенной связи между показателями объема, интенсивности нагрузки и личностными особенностями пловцов.

Установлено, что у пловцов, успешно контролирующих свое эмоциональное состояние, спокойных и уверенных в себе, наблюдается предпочтительный выбор плавательных нагрузок с пониженным объемом. У пловцов, не обладающих указанными личностными свойствами, наблюдается стремление к использованию нагрузок с повышенным объемом.

Пловцы, у которых отсутствуют качества лидера, честолюбия, по своим личностным особенностям тревожные, мнительные, зависимые, неуверенные

– предпочитали выполнять нагрузки с относительно повышенной интенсивностью. Для пловцов, имеющих противоположные личностные особенности, типичным было использование нагрузок низкой интенсивности.

Полученные данные позволяют расширить научное представление о возможности регулирующих воздействий на психофизиологическое состояние пловцов в процессе повышения нагрузок на принципиально новом научном подходе, при котором приоритетное значение приобретают не традиционные нагрузки по показателям пульса и рациональному двигательному режиму, а соотношенность личностных свойств с предпочтительным свободным выбором нагрузок.

Экспериментальные данные позволяют утверждать, что коррекция объема и интенсивности нагрузок, проведенная по показателям личностных свойств, повышает заинтересованность спортсменов при занятиях спортивным плаванием, создает стойкое наличие положительных эмоций, чувства радости, хорошего настроения, желания заниматься.

УДК 612.014

Федорова О.В.<sup>1</sup>, Щокін О.О.<sup>2</sup>, Музичова Н.І.<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup> старш. викл. ЗНТУ

<sup>3</sup> асист. ЗНТУ

*Федорова О.В., Щокін О.О., Музичова Н.І.*

## **ФОРМИРОВАНИЕ МОТИВАЦИИ К ЗАНЯТИЯМ ФИЗИЧЕСКИМИ УПРАЖНЕНИЯМИ**

Формирование у подрастающего поколения положительных привычек повседневной жизни является актуальной педагогической задачей. Привитие студентам привычки к физкультуре и спорту предполагает развитие у них соответствующих интересов, формирование знаний и убеждений в необходимости систематических занятий физическими упражнениями. Все названные виды педагогического воздействия, направленного на воспитание у студентов привычки к занятиям физкультурой, взаимосвязаны между собой и решаются в едином учебно-воспитательном процессе.

Привитие студентам стойкого интереса к физкультуре является важным звеном работы по формированию у них привычки. Интерес имеет у студентов возрастные различия, обусловленные тем, что с изменением возраста меняются и мотивы, побуждающие учащихся к занятиям физкультурой и спортом. У студентов I-го курса ведущим мотивом интереса выступает естественная потребность в движениях. Старшие курсы, юноши и девушки усматривают в этих занятиях личную и общественную значимость, связывают

их с перспективной своей будущей жизни. Для практической работы важно знать закономерности процесса развития интереса. Вооружение студентов системой знаний и умений является необходимым условием формирования у них убеждений, а затем – потребности и осознанной привычки пользоваться средствами физкультуры в повседневной жизни. Формирование у студентов убеждений о значении физической культуры в жизни человека является важным и в тоже время сложным вопросом. Опираясь на передовой опыт и результаты отдельных исследований, удалось выделить ряд методических приемов, способствующих формированию у учащихся таких убеждений. При изучении теоретических сведений по физической культуре уверенность учащихся в истинности сообщаемого им материала формируется лучше, если: использовать для доказательства объективные показатели физического развития и подготовленности учащихся конкретной группы, на конкретных примерах раскрывать зависимость роста физической подготовленности от содержания и систематичности физических упражнений; опираться на знания учащихся по анатомии, физиологии и гигиене человека для раскрытия сущности влияния средств физической культуры на растущий организм; использовать влияние общественного мнения учащихся, преподавателей и родителей, положительный личный пример преподавателя физической культуры.

Практическое приучение студентов к ежедневным занятиям физически-ми упражнениями играет решающую роль в формировании привычки к физкультуре и спорту. Привычка, как известно, вырабатывается в процессе повторения определенных поступков, действий. Усвоение же учащимися знаний о полезности таких занятий способствует образованию сознательной привычки. В этой связи в формировании у студентов осознанной стойкой привычки к физкультуре и спорту существенную роль играет обеспечение единства обучения, воспитания и развития учащихся на занятиях физическими упражнениями.

УДК 796.015

Луценко С.Г.<sup>1</sup>, Соловйова М.Г.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> старш. преп. ЗНТУ

<sup>2</sup> доц. ЗНТУ

*Луценко С.Г., Соловйова М.Г.*

## **АДАПТАЦИЯ И ТРЕНИРОВАННОСТЬ ПРИ МЫШЕЧНОЙ РАБОТЕ**

Влияние на организм мышечной деятельности определяется по степени вызываемого ею физиологического напряжения – стрессорной реакции, при

которой наблюдается восстановление исходного гомеостаза или возврат к оптимальной физиологической реакции целостного организма. В адаптацию вовлекаются, прежде всего, энергетические, а затем пластические механизмы, которые превращаются в генные приспособления организма. Однако, первоначально большое значение имеют гуморально – гормональные механизмы адаптации (Н.Н. Баранов, 1979). Поэтому при повторных мышечных стрессорных ситуациях без особой трудности адаптированный организм выполняет предложенную нагрузку.

Следующий этап после адаптации – тренировка организма, систем, органов. Тренировка – искусственный процесс, он наблюдается у человека и у животных под влиянием человека. Тренировка возникает как результат повторной повышенной или максимальной нагрузки для целостного организма.

Некоторые авторы полагают, что тренированность выражает максимальную адаптацию. Вместе с тем следует отличать адаптацию от тренированности. Известно, что показатели тренированности определяются и морфо-физиологическими изменениями. Например, у адаптированных к мышечной нагрузке животных в природе не наблюдается гипертрофия сердца, как у бегуна-спортсмена или гипертрофия мышц, как у штангиста и т.д.

Разница между тренированностью и адаптацией наглядно наблюдается при утрате спортивной формы. Так, у спортсменов потеря тренированности не отражается на их способности к адаптации на мышечную нагрузку. С другой стороны, утрата адаптации выявляет неспособность организма после физической нагрузки восстановить первоначальный гомеостаз и является признаком патологии.

Систематические 2-х разовые занятия в неделю и выполнение недельного двигательного режима способствует адаптации к мышечной деятельности без заметного тренирующего эффекта. При перерывах в занятиях физическими упражнениями в зависимости от продолжительности возможна утрата адаптации и при последующих занятиях могут наблюдаться негативные изменения в состоянии здоровья.



УДК 669.295

Танцура О.А.<sup>1</sup>, Ткач Д.В.<sup>2</sup>, Степанова Л.П.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>студ. гр. ІФ-219

<sup>2</sup>канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

*Танцура О.А., Ткач Д.В., Степанова Л.П.*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ В ТИТАНІ ВТ1-0 В ПРОЦЕСІ ПІД**

Формування високих механічних властивостей в заготовках з технічно чистого титану є одним із найбільш перспективних шляхів застосування методів інтенсивної пластичної деформації (ПІД). Такі матеріали потрібні в медицині для багатьох виробів замість сплавів ВТ6 і ВТ5, що мають у своєму складі шкідливі легувальні елементи та можуть окислюватися в організмі людини.

Сутність гвинтової екструзії полягає в тому, що призматичну заготовку продавлюють крізь матрицю з гвинтовим каналом постійного поперечного перерізу. Форма заготовки при цьому не змінюється, що дозволяє здійснювати її багаторазову деформацію.

Мікроструктуру вивчали із використанням оптичного і електронного мікроскопів. Дослідження текстури здійснювали рентгеноструктурним методом. Для оцінки текстури використані зразки, поверхні яких були вирізані паралельно осьовій і торцевій площинам заготовки. Це дозволило порівнювати переважну орієнтацію зерен в різних напрямках заготовки.

Виявлено, що в процесі деформації периферійна частина деформується сильніше за центральну. Зростання кількості циклів деформації приводить до формування структури з вираженим напрямом руху потоку металу. Підвищення деформації супроводжується подрібненням зерен і формуванням більш однорідної структури за перерізом всього зразка після 5-ти циклів. Однорідна структура за перерізом буде забезпечувати також і більш рівномірний розподіл механічних властивостей.

Концентричні кола на мікродифракційному зображенні свідчать про дрібнокристалічну зеренну структуру. Широкі кільцеві лінії розмиті в радіальному напрямі, що свідчить про наявність в ґратці значного рівня мікроспотворень. При вивченні рентгенограм деформованих зразків незалежно від кількості циклів деформації не виявлено ознак початку рекристалізації.

Показано, що в процесі ПІД в поперечному перерізі формується в основному базисна компонента (0001) [1210]. В подовжніх перерізах зменшена кількість зерен з базисною орієнтацією і підвищена частка пірамідальної компоненти. Встановлено наявність аксіальної текстури із напрямком [0001]

уздовж осі деформації. Утворення переважної орієнтації зерен в подовжньому і поперечному перетинах заготовки приводить до значної анізотропії властивостей.

Максимальні значення міцності спостерігаються в перерізах із базисною орієнтацією, в подальшому це дозволить обирати напрям вирізання виробу із заготовки.

Титан ВТ1-0, зміцнений при ПД, може бути використано замість легованих титанових сплавів.

УДК 621

Афанас'єва О.С.<sup>1</sup>, Лазечний І.М.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>студ. гр. ІФ-219 ЗНТУ

<sup>2</sup>канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

*Афанас'єва О. С., Лазечний І.М.*

## **ТЕХНОЛОГІЇ ХІМІКО-ТЕРМІЧНОГО ОБРОБЛЕННЯ ЗУБЧАСТИХ КОЛЕС ГАЗОТУРБІННИХ ДВИГУНІВ ЗІ СТАЛІ 13ХЗНВМ2ФАШ**

В наш час велику увагу приділяють збільшенню довговічності деталей газотурбінних двигунів. Робота зубчастих пар також визначає ресурс двигунів. Тенденція до підвищення потужності та зменшення металоємності виробів призводить до збільшення контактних зусиль, підвищення швидкості ковзання пар зачеплення, що викликає збільшення температури зон контакту, яка в тонкому поверхневому шарі може перевищувати на 80–100 °С температуру олії. Саме тому актуальним є використання для виготовлення зубчастих колес сталі підвищеної теплостійкості та дослідження нових варіантів термічного оброблення.

Хіміко-термічне оброблення на первинну твердість сталі 13ХЗНВМ2ФАШ. Режим обробки досліджуємої сталі на первинну твердість виглядає наступним чином: цементация при 920±10 °С, відпуск при 640±10 °С, гарт 900±10 °С в олії, обробка холодом (–70 °С) 2 години та відпуск при 350±5 °С. Особливістю хіміко-термічної обробки сталі 13ХЗНВМ2ФАШ на первинну твердість є використання після цементації проміжного високотемпературного відпуску при 640 °С, який дозволяє вирішити 2 питання: забезпечити задовільну оброблюваність різанням цементованої сталі та серцевини перед гартуванням та знизити кількість та стійкість аустеніту після гарту за рахунок зв'язування частини вуглецю та легувальних елементів в стійкі карбіди. Обробка холодом значно покращує властивості сталі, внаслідок перетворення в мартенсит значної частини залишкового аустеніту,

що приводить до збільшення твердості по глибині цементованого шару. Однак повне перетворення залишкового аустеніту в процесі обробки холодом не відбувається і після ХТО в шарі знаходиться 5–10% аустеніту.

Оброблення сталі 13X3HBM2ФАШ на вторинну твердість. Особливістю обробки на вторинну твердість є виключення високотемпературного відпуску, підігріву під гартування та обробку холодом, таким чином увесь цикл хіміко-термічної обробки зменшується приблизно в два рази. Результатом такої обробки є більш стабільна структура, що складається з пересиченої  $\alpha$ -фази, зміцненої дрібними карбідами легувальних елементів, тобто структура яка звичайно отримується при обробленні інструментальних сталей на вторинну твердість. Також особливість обробки на вторинну твердість є зменшення деформації зубчастих колес. Це пояснюється меншою кількістю високотемпературних нагрівів та різним характером внутрішніх напружень, що виникають між серцевиною та цементованим шаром в процесі охолодження при температурах, близьких до температури мартенситного перетворення.

Найбільш стабільні результати по твердості при меншій кількості відпусків досягається після гартування від температур цементації  $1020 \pm 10$  °С. Тому для досліджуємої сталі рекомендовано наступний режим хіміко-термічної обробки: цементація при  $1020 \pm 10$  °С з безпосереднім гартом в олії та трьох – п'ятикратним відпуском при  $535 \pm 10$  °С.

Хіміко-термічне оброблення сталі 13X3HBM2ФАШ з використанням нітроцементації. В ході дослідження Поповим В.С., Буяновим Л.П. та Янковським І.І. виявлено, що при проведенні нітроцементації сталі 13X3HBM2ФАШ необхідне середовище з вмістом 30–35% аміаку. Було встановлено також, що нагрів при повторному гарті нітроцементованого шару практично не знижує вміст в шарі вуглецю та азоту. Це пов'язано з тим, що в досліджуемій сталі при нітроцементації утворюються термічно стійкі нітриди та карбонітриди, які в період нагріву до 920 °С або зовсім не дисоціюють або ж дисоціюють незначно. Результатом такої обробки є покращення властивостей сталі. Так ударна в'язкість після нітроцементації майже в 2 рази вище, ніж після цементації. Це пояснюється впливом великої кількості залишкового аустеніту після цементації. Також більш високими є значення твердості нітроцементованого шару після різних режимів відпуску. Характеристика гарячої твердості нітроцементованого шару, зносостійкості та контактної витривалості значно перевищує результати, отримані після цементації. Отримана в процесі нітроцементації та при подальшій термічній обробці субмікроскопічна структура створює умови для підвищення міцності та пластичності, теплостійкості, зносостійкості та контактної витривалості.

Комбіноване хіміко-термічне оброблення. Досліджена також видозмінена обробка на вторинну твердість. Використано поєднання операцій класичної обробки на первинну твердість сталі 13ХЗНВМ2ФАШ та обробки на вторинну твердість. Хіміко-термічна обробка включає в себе: цементацію при 920...950 °С, високотемпературний відпуск при 650...680 °С, гартування від 1010...1030 °С, обробку холодом при мінус 80...60 °С, дворазовий відпуск при 520...540 °С по одній годині. З метою підвищення зносостійкості, контактної витривалості використовується комбінована ХТО, включаючи кінцеве азотування, наприклад, іонне. Так досліджуєма сталь після ХТО за новою технологією дозволяє ліквідувати недоліки, притаманні сталі, та характеризується підвищеною міцністю, зносостійкістю, в'язкістю та контактною витривалістю.

Отримані дані дозволять конструкторам та технологам обирати необхідний варіант ХТО деталей ГТД в залежності від умов їх експлуатації.

УДК 669.15-194:669.245

Фасоль Є.О.<sup>1</sup>, Грабовський В.Я.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>студ. гр. ІФ-219

<sup>2</sup>канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

*Фасоль Є.О., Грабовський В.Я.*

## **ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОЇ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАЛІЗОНІКЕЛЕВИХ СПЛАВІВ З ГЦК ГРАТКОЮ, ЩО ЗМІЦНЮЮТЬСЯ ДИСПЕРСІЙНИМИ ЧАСТИНКАМИ ФАЗИ ЛАВЕСА $Fe_2(W,Mo)$**

Основною вимогою, що висувається для штампових сталей гарячого пересування є опір знеміцненню при високих температурах. Максимальна температура експлуатації серійних штампових сталей мартенситного класу складає 680–700 °С але ці температури не задовольняють сучасним вимогам виробництва. Тому постало питання про розробку для такого призначення сплавів, які зміцнюються фазами Лавеса типу  $Fe_2(W,Mo)$ , що термічно стабільні до 900 °С.

Досліджені сплави мають залізонікелеву основу з ГЦК- граткою, виготовлялись методом лиття (ВВ+ЕШП). Вміст нікелю складав 25–30%, хрому 14 – 15%, вуглецю  $\leq 0,08$  Особливістю цих сплавів є легування вольфрамом та молібденом в достатній кількості для виділення при старінні фази Лавеса типу  $Fe_2(W,Mo)$ . Вибір легувальних елементів здійснювався у відповідності з дрібною реплікою  $2^{3-1}$ . Для оптимізації хімічного складу незалежними змінними є вольфрам (13,2–20,6%), молібден (0– 4,2%) та кобальт (0 – 10%). Тер-

мічна обробка проводилась за режимом: гартування 1250–1300 °С, 2 год, масло та старіння 800–850 °С, 20 год.

Структура в ливарному стані сплавів (до зміцнювальної термічної обробки) складалась із аустенітної матриці, карбіду типу  $\text{Me}_6\text{C}$  та фази Лавеса типу  $\text{Fe}_2(\text{W}, \text{Mo})$ . В результаті гартування фазовий склад сплавів не змінювався, а старіння приводило до підвищення вмісту фази Лавеса. Для деяких сплавів характерна присутність крупних частинок надлишкових фаз, які утворилися при кристалізації (первинні фази). Наявність таких частинок шкідлива для сплаву. Мікрорентгеноспектральним аналізом виявлено, що частинки первинних фаз збагаченні в порівнянні з аустенітною матрицею вольфрамом та молібденом. Тобто поява крупних частинок первинних надлишкових фаз обумовлено надвисоким вмістом цих елементів.

При проведенні досліджень, щодо впливу вольфраму на дисперсійне твердіння, виявлено, що зростання вмісту вольфраму понад 12–13% не призводить до збільшення ступеня дисперсійного твердіння. Кобальт сприяє підвищенню стійкості проти перестарювання, що обумовлено зростанням дисперсності частинок фази Лавеса та їх термічній стабільності.

Для досягнення більш гомогенного стану сплавів, що зміцнюються фазою Лавеса, гартування слід здійснювати від температур 1250–1300. Старіння сплавів доречно проводити при температурах близько 850 °С. За таким режимом термічної обробки частинки фази Лавеса набувають форму голчастих кристалів, що утворюють скупчення. Довжина голок близько  $10^{4.4}$ , ширина  $10^{3.4}$ . Дослідження мікроструктури показали, що сплави, які зістарені після попереднього гартування та без нього, помітно відрізняються характером розподілу зміцнювальної фази. В останньому випадку виділення локалізуються в окремих областях. Загартованим зразкам властиво більш однорідний розподіл частинок фази Лавеса, що забезпечує сплавам більш високий рівень твердості та пластичності. Механічні властивості сплаву X15H25B9M5K10 при температурі випробування 900 °С складають  $\sigma_{0.2}=200$  МПа,  $\sigma_b=270$  МПа,  $\delta=38\%$ , HB 75 – 80. Промислові випробування показали, що пресові матриці із такого сплаву при пересуванні прутків із бронзи витримують в три рази більше число пресувань, ніж серійні штампові сталі. В процесі експлуатації відбувається зміцнення поверхневого шару матриць. В порівнянні із початковим станом, в відпрацьованій матриці дисперсність частинок фаз Лавеса вища та кількість більша, тобто дії високих силових та термічних навантажень відбувається додатковий розпад твердого розчину та подрібненню голчастих частинок фази Лавеса. Вказане дозволило рекомендувати сплав X15H25B9M5K10 для промислового використання.

УДК 621.777.04

Тетых К.В.<sup>1</sup>, Винниченко В.С.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> студ. гр. ИФ-219

<sup>2</sup> канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

*Тетых К.В., Винниченко В.С.*

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ПАРАМЕТРЫ ШТАМПУЕМОСТИ ЛИСТОВОЙ СТАЛИ**

В настоящее время много деталей механизмов и машин получают методом листовой штамповки. Такая штамповка, в частности глубокая вытяжка, позволяет повысить жесткость и прочность деталей типа оболочек, корпусов, широко применяемых в автомобилестроении. В связи с этим непрерывно повышаются требования к механическим и технологическим свойствам, которые характеризуют способность холоднокатаных листовых сталей к вытяжке. Одной из признанных характеристик, используемой для оценки деформируемых материалов, является коэффициент нормальной анизотропии. Повышение указанного параметра, гораздо существеннее увеличивает значение предельного коэффициента вытяжки, чем простое повышение пластичности материала. Учитывая эти сведения, уместно предположить, что при производстве листового металла для вытяжки целесообразно исследовать возможность повышения его нормальной анизотропии. Для этого, прежде всего, необходимо установить математическую модель, описывающую зависимость между указанными характеристиками, что и было целью данной работы.

В качестве исследуемого материала в данной работе использовали сталь марки 08X18T1. Переменными служили следующие факторы: температура закалки подката, температура нагрева и время выдержки при термообработке (рекристаллизационном отжиге с охлаждением в воде) холоднокатанного металла, а выходным параметром был коэффициент нормальной анизотропии. Этот параметр определяли при испытании образцов на растяжение согласно ГОСТ 11701-66. Коэффициент нормальной анизотропии рассчитывали по формуле

$$R = \frac{\lg \frac{e_0}{e_k}}{\lg \frac{e_k \cdot l_k}{e_0 \cdot l_0}},$$

где  $R$  – коэффициент нормальной анизотропии;  $e_0$  – начальная ширина образца, мм;  $e_k$  – конечная ширина образца, мм;  $l_0$  – начальная длина размеченного участка, мм;  $l_k$  – конечная длина размеченного участка образца, мм.

Указанную зависимость предполагали описать полиномом второго порядка. Для этого был реализован некомпозиционный план второго порядка. При этом была получена модель, которая в кодированных величинах с учётом только значимых коэффициентов имеет вид

$$R = 1.667 + 0.232x_2 - 0.102x_2^2$$

где  $T$  – температура термообработки холоднокатаного металла.

Соответствие модели результатам экспериментов проверили, используя корреляционное соотношение

$$\theta = \sqrt{1 - \frac{A}{B}}$$

где  $A = \sum (y_i - \hat{y}_i)^2 = 0,0051$ ;  $B = \sum (y_i - \bar{y})^2 = 0,1086$ . При этом полученное значение корреляционного соотношения  $\theta = 0,976$  свидетельствует о хорошем описании данной моделью экспериментальных результатов.

При этом следует отметить, что среднеквадратичное отклонение  $S_R$  экспериментальных данных также повышается с ростом температуры закалки холоднокатаного металла и хорошо описывается зависимостью

$$S_R = -0,6578 + 0,00095T,$$

где  $T$  – температура рекристаллизационного отжига, °С.

Это обстоятельство в данном случае ограничивает увеличение коэффициента анизотропии путём повышения температуры рекристаллизационного отжига, допустимое значение которой может быть установлено с использованием указанной зависимости.

Не значимость коэффициента при факторе  $x_1$ , вероятно, может быть объяснена следующим: после горячей прокатки металл имеет менее выраженную текстурированность, чем после холодной прокатки. Поэтому влияние термической обработки горячекатанного металла, вероятно, сказывается на изменении коэффициента нормальной анизотропии меньше, чем режим термической обработки холоднокатаного металла ( $x_2$ ).

Приведенная модель может быть использована для выбора температуры рекристаллизационного отжига холоднокатаной стали 08X18T1. Так, например, в исследованных пределах повышение температуры рекристаллизационного отжига холоднокатаного листа (до 1100 °С) приводит к повышению коэффициента нормальной анизотропии. При этом относительное удлинение превышает 38%, что может быть объяснено относительно крупным (5–6 балл) зерном в образцах, термообработанных при температуре 1100 °С.

УДК 669.15– 194.57

Прядко Ф.Ф.<sup>1</sup>, Климов О.В.<sup>2</sup>, Нестеров О.В.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> студ. гр. ІФ-219 ЗНТУ

<sup>2,3</sup> канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

*Прядко Ф.Ф., Климов О.В., Нестеров О.В.*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЛЕГУВАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ НА ФАЗОВИЙ СКЛАД ЖАРОСТІЙКИХ СТАЛЕЙ, ЩО МІСТЯТЬ 3–8% ХРОМУ**

В сучасному виробництві безперервно розширюється застосування високохромистих сталей. Підвищення робочих температур і напружень, використання агресивних середовищ обмежує застосування інших сталей і робить необхідним звернення до високохромистих сталей, які є більш жароміцними і жаростійкими, ніж низьколеговані сталі.

Одним з найбільш ефективних способів захисту сталей і сплавів від газової і атмосферної корозії є їх легування елементами, які створюють на поверхні металу щільні захисні оксидні плівки при високотемпературному окисленні, і пасивні плівки в умовах атмосферної корозії.

В лабораторних умовах була виплавлена сталь 03X8CЮВМБФ, яка має високий показник жаростійкості та помірний рівень жароміцності. Досліджено вплив легувальних елементів на фазовий склад сталі. Основним легувальним елементом, що підвищує жаростійкість і корозійну стійкість сплавів на основі заліза є хром. Цей елемент утворює при високотемпературному окисленні металу тугоплавкий оксид  $Cr_2O_3$  і підвищує пасивність металу в атмосферних умовах. Додаткове легування залізо хромистих сплавів алюмінієм і кремнієм істотно підвищує їх жаростійкість. Вольфрам і молібден підвищують короточасну і довготривалу міцність, а також опір повзучості сталей і фериту. Ванадій ще більшою мірою, ніж молібден і вольфрам, звужує  $\gamma$ -область. Ніобій знижує чутливість сталі до міжкристалічної корозії.

Фазовий склад сталі 03X8CЮВМБФ було досліджено на дилатометрі. Отримані дилатограми, згідно яких в інтервалі температур 20–900 °С не відбувається фазових перетворень, підтвердили однофазність структури.

УДК 669.295

Шльоміна А.В.<sup>1</sup>, Джуган О.А.<sup>2</sup>, Ольшанецький В.Ю.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> магістрант групи ІФ-219

<sup>2</sup> асп. ЗНТУ

<sup>3</sup> д-р. техн. наук, проф. ЗНТУ

*Шльоміна А.В., Джуган О.А., Ольшанецький В.Ю.*

## **ОТРИМАННЯ ПРИСАДКОВИХ ДОСЛІДНИХ СПЛАВІВ З СУБМІКРОКРИСТАЛІЧНОЮ СТРУКТУРОЮ МЕТОДОМ ГВИНТОВОЇ ЕКСТРУЗІЇ**

Застосування зварювання при виробництві та ремонті виробів зі складнолегованих титанових сплавів пов'язано з цілою низкою проблем. Найбільш



відповідальним є процес зварювання двофазних титанових сплавів, для забезпечення необхідного рівня механічних і службових властивостей матеріалу. Із результатів досліджень, проведених раніше, випливає, що властивості зварних з'єднань титанових деталей можна підвищити шляхом застосування присадкових титанових матеріалів дослідних складів, які дозволяють формувати у зварному шві необхідні типи структури.

Крім того, як було показано раніше, для забезпечення певного рівня механічних властивостей шляхом формування заданого типу структури, необхідне застосування модифікувальних елементів. З урахуванням вищезазначеного, сутність запропонованої ідеї полягала в застосуванні присадкових матеріалів з нано- або субмікрокристалічною- (СМК) структурою.

Ефективне структурування об'ємних заготовок з титанових сплавів реалізовували на основі методу інтенсивної пластичної деформації (ІПД), шляхом використання гвинтової екструзії (ГЕ).

Технологію ІПД методом ГЕ, розроблено в Дон ФТІ ім. А.А. Галкіна, з метою отримання титанових сплавів з різним типом кінцевої структури.

Тобто, основним завданням даної роботи було отримати СМК титанових сплавів дослідних складів на основі сплавів зі складною системою легування типу. Для реалізації таких задач було розроблено технологічну схему деформації та визначені основні режими процесу деформації. Сутність методу ІПД шляхом ГЕ полягала в продавлюванні призматичної заготовки через матрицю з гвинтовим каналом.  $\beta$  – кут нахилу гвинтової лінії до напрямку осі екструзії, який на початковій і кінцевій ділянках каналу дорівнює нулю, змінювався по висоті матриці. При цьому матриця нагрівалася до температури 750 °С.

Особливості геометрії каналу матриці забезпечували збереження при продавлюванні ідентичності початкової і кінцевої форми і розмірів оброблюваних заготовок, що дозволило здійснювати процес екструзії багаторазово з метою накопичення деформації.

Важливою особливістю деформації литих сплавів дослідних складів (сплав №1 і №2) був їх вихідний структурний стан. Існуючі роботи, що стосуються утворення структури титанових сплавів базувалися на використанні (вихідних) вже деформованих напівфабрикатів. В даній роботі показано принципову можливість проведення процесу гвинтової екструзії з використанням вихідних литих заготовок.

Для визначення кількості СМК зерен у титанових складнолегованих сплавах в залежності від температури та кількості проходів було створено лінійний план експерименту (табл.1, табл.2).

**Таблиця 1** – Кодування факторів

Інтервал варіювання рівень факторів	$X_1$ (t, °C)	$X_2$ (к-сть проходів)
Верхній рівень (+)	750	3
Нульовий рівень (0)	800	4
Нижній рівень (–)	850	5
Інтервал варіювання, $\Delta_{I(2)}$	50	1

Кількість дослідів необхідних для побудови плану експерименту наведені у таблиці 2.

**Таблиця 2** – Ортогональний центральний план експериментів

№ досліду	$X_1$	$X_2$	у (відносна к-сть СМК зерен, $N_B$ )	
			№1	№2
<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>
1	+1	+1	5	3
2	–1	+1	80	70
3	+1	–1	3	1
4	–1	–1	35	15

Далі, за формулою, для першого сплаву, визначили коефіцієнти множинної кореляції (R):

$$R = \sqrt{\frac{n \cdot (b_1^2 + b_2^2 + b_3^2 + \dots + b_i^2)}{\sum_i y_i^2 - n \cdot \bar{y}^2}} \quad (1)$$

Самі коефіцієнти  $b_i$  визначали за формулами:

$$\bar{y} = b_0 = \frac{\sum_i y_i}{n}, \quad b_1 = \frac{\sum_i y_i \cdot x_{1i}}{n}, \quad b_2 = \frac{\sum_i y_i \cdot x_{2i}}{n}, \quad (2)$$

Коефіцієнт множинної кореляції (R), визначений за формулою(1), склав

$$R = 0,9385 \text{ при } (b_0 = 30,75; b_1 = -26,75; b_2 = 11,75).$$

Перевірка коефіцієнта множинної кореляції  $R$  за допомогою коефіцієнта лінійної кореляції  $r^{ye/yp}$  в стандартний спосіб дала такий же результат, як і для  $R$  ( $r^{ye/yp}=0,9385$ ).

Нижче наведено рівняння залежності кількості СМК зерен в залежності від температури та кількості проходів в натуральному масштабі:

$$y = 30,75 - 0,535 * (t - 800) + 11,75 * (N - 4) .$$

Аналогічно, проводимо розрахунки для другого сплаву. В результаті отримали коефіцієнт множинної кореляції ( $R$ ), визначений за формулою (1), який склав  $R = 0,8817$  при ( $b_0 = 22,25$  ;  $b_1 = -20,25$  ;  $b_2 = 14,25$  ), а рівняння в натуральному масштабі при цьому має такий вигляд:  $y = 22,25 - 0,405 * (t - 800) + 14,25 * (N - 4)$ .

Як впливає з наведених даних, при накопиченні деформації в процесі ГЕ ступінь «пропрацювання» структури в об'ємі заготовок підвищувався. У сплавах складу №1 при менших кількостях проходів встановлено більшу кількість структурних складових з СМК розмірністю, ніж у сплавах складу №2. Це, мабуть, було наслідком більш рівномірної деформації сплавів складу № 1, внаслідок їх рівноважної структури. Сплави складу № 2 мали вихідну пластинчасту структуру, для якої характерна текстурованість  $\alpha$ -пластин, розташованих в первинному  $\beta$ -зерні. Це приводило до необхідності первинної обробки пластинчастої структури на відміну від сплавів з рівноважною структурою. При цьому, після п'яти проходів різниця в кількості СМК структурних складових між сплавами №1 та №2 зменшується і після семи проходів «пропрацьовується» структура практично всього об'єму заготовок.

Таким чином, в результаті проведених досліджень реалізовано технологію отримання титанових сплавів з субмікрокристалічною структурою із литих заготовок. Розроблено режими інтенсивної пластичної деформації методом гвинтової екструзії для отримання оптимальної структури присадкових матеріалів.

Отримані, методом лінійного планування, аналітичні залежності, що дозволяють шляхом варіювання температурно-силових факторів оптимізувати кінцеву структуру дослідних присадкових матеріалів на основі титану.

## **ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ АУСТЕНИТНИХ ХРОМОМАНГАНЦЕВИХ СТАЛЕЙ ДЛЯ МАТРИЦЬ ГАРЯЧОГО ПРЕСУВАННЯ МЕТАЛІВ**

В умовах, коли інструмент гарячого деформування металів в процесі експлуатації розігрівається до температур 700–750 °С використання для його виготовлення традиційних сталей мартенситного класу є неможливим. Ефективними заміниками можуть бути аустенітні високоазотисті хромомарганцеві сталі з дисперсійним твердінням.

В роботі вивчено групи дослідних аустенітних сталей з Fe–Cr–Mn основою та вмістом (масова частка елементів,%) вуглецю до 0,36, азоту до 0,72 і додатково легованих: ванадієм до 2,0; комплексно ванадієм до 2,0 та молібденом до 2,2; комплексно молібденом 2,5 та алюмінієм до 1,0. З'ясовано, що для отримання структури пересиченого твердого розчину оптимальним є гартування в оливі від температури 1200 °С (витримка 2 години).

Мікроструктура сталей типу 30X18Г15АФ з ванадієм 1,7% після гартування являє собою аустенітні зерна перерізом 15–35 мкм з двійниками та незначною кількістю надлишкової фази. Максимальний ступінь зміцнення зафіксовано після старіння при температурі 725 °С (витримка 4 години). Виявлено, що характерною особливістю дисперсійного твердіння сталі є наявність на отриманій кривій мінімуму твердості при витримці близько 8 годин. Це пов'язано з різними інтервалами стабільності частинок фаз Cr<sub>2</sub>N, VC та VN. Враховуючи необхідність створення та збереження стабільної структури в умовах її нагріву при експлуатації визначено оптимальний час витримки при старінні, який має бути більшим за властивий «провалу» твердості. Це відповідає режиму старіння 725 °С, 10 годин.

В разі старіння сталей комплексно легованих ванадієм та молібденом до 2,2% при температурах вище 700 °С спостерігаються квазіперітні виділення фази Cr<sub>2</sub>N, які негативно впливають на ударну в'язкість. Для позбавлення від перлітної складової використали метод ступеневого старіння за режимом: перша сходинка 650 °С, друга сходинка 700–750 °С. Це дозволяє підвищити ударну в'язкість з 21 Дж/см<sup>2</sup> до 60 Дж/см<sup>2</sup> при збереження твердості, та деякому підвищенні високотемпературної міцності. Легування молібденом

підвищує твердість на 4–5 HRC та міцність на 100–200 МПа в умовах збереження ударної в'язкості.

При частковому заміненні в сталі типу X15Г11Н5МЮФ2 ванадію на алюміній та додатковому введенні 2,5% молібдену спостерігається підвищення твердості та високотемпературної міцності. Вміст алюмінію не повинен перевищувати 1% щоб уникнути утворення хаотично розташованих масивних первинних частинок які ідентифікуються як нітрид алюмінію та негативно впливають на пластичність та ударну в'язкість. Додавання алюмінію не змінює положення мінімуму на кривій дисперсійного твердіння, а лише зсуває її в бік більшої твердості. Особливістю сталі є збереження високої міцності до високих температур ( $\sigma_b$  досягає 270 Мпа при 950 °C).

Отримані дані були ефективно використанні при використанні розглянутих сталей для виготовлення матриць гарячого пресування металів.

**СЕКЦІЯ «МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ І СТРОКУ СЛУЖБИ ЗВАРНИХ  
КОНСТРУКЦІЙ»**

УДК 532.64:541.1

Бусов А.В.<sup>1</sup>, Быковский О.Г.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> студ. гр. ИФ-310 ЗНТУ

<sup>2</sup> д-р техн. наук, проф. ЗНТУ

*Бусов А.В., Быковский О.Г.*

**ВЛИЯНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ НА СМАЧИВАЕМОСТЬ  
ПОВЕРХНОСТИ ПРИ НАПЫЛЕНИИ**

На сегодняшний день смачивание металлами поверхностей с разной степенью шероховатости изучено недостаточно. Нами были проведены испытания для определения поверхностного натяжения методом лежащей капли. Опытные образцы из бронзы Бр КМц 3–1, алюминия А0, стали 100Х15М2Г2Р и стали 07Х20Н9Г7Т в виде цилиндров, помещённые на гладкие или шероховатые подложки из стали Ст.3, переплавляли в каплю с помощью специальной установки для определения поверхностного натяжения методом лежащей капли. Изучение характера смачивания и растекания проводили на распечатанных снимках, где чётко фиксировали различные стадии процесса. Для определения поверхностных явлений измеряли размеры капли и краевые углы смачивания с помощью которых по известным формулам рассчитывали поверхностное натяжение материала на границе жидкость – газ, адгезию, когезию и коэффициент растекания.

Результаты исследования показали, что смачиваемость шероховатой поверхности больше чем гладкой, в результате чего работа сил адгезии увеличивается. Это объясняется активированием поверхности за счёт экструзии и интрузии металла в поверхностном слое, в результате чего фактическая площадь контакта твёрдой подложки и жидкой капли увеличивается, способствуя лучшему растеканию и сцеплению. Полученные закономерности справедливы, как для хорошо смачиваемых материалов у которых угол  $\theta < 90^\circ$  (бронза Бр КМц 3–1, сталь 100Х15М2Г2Р и сталь 07Х20Н9Г7Т), так и для плохо смачиваемых материалов у которых угол  $\theta > 90^\circ$  (Алюминий А0). Плохая смачиваемость алюминием объясняется тем, что при высоких температурах на поверхности жидкой капли образуется тугоплавкой окисной плёнки  $Al_2O_3$ , которая имея температуру плавления больше чем стальная подложка не может быть разрушена. Это также подтверждают проведённые нами опыты с образцами в виде композита алюминия АД33 + 12%  $Al_2O_3$ , в результате которых подложка расплавилась раньше чем сам образец.

УДК 621.793.74

Воронін Д.Я.<sup>1</sup>, Биковський О.Г.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> студ. гр. ІФ-310 ЗНТУ

<sup>2</sup> д-р техн. наук, проф. ЗНТУ

*Воронін Д.Я., Биковський О.Г.*

## **ТЕМПЕРАТУРА І ФРАКЦІЙНИЙ СКЛАД ЧАСТОК ПРИ ПЛАЗМОВОМУ НАПИЛЕННІ**

В даний час більшість досліджень присвячено аналітичним розрахунками температури тугоплавких порошкових частинок. З літературних даних відомо, що температура розпилюваних плазмою частинок досягає або дещо перевищує температуру плавлення матеріалу, проте експериментальних даних, що підтверджують ці положення немає. Метою наших досліджень було підтвердження або спростування даної теорії.

Нами були проведені ряд дослідів для визначення температури розпилюваних плазмою частинок. Піддослідні зразки з Al, Cu, БрКМц3-1, Нп65-Г, ПП 100Х15М2Г2Р і Св07С20Н9Г7Т у вигляді дроту розпилювались в калориметр за допомогою плазмової установки. Розпилення дротів проводилося на відстані 300 мм від зрізу сопла плазмотрона до дзеркала води в калориметрі, для кожного матеріалу виконувалося по 3 дослідів. Тривалість процесу розпилення фіксували секундоміром для кожного матеріалу однаково. Робили заміри температури в калориметричній посудині до і після розпилення. Отримані дані підставлялися в розрахункові формули для визначення середньої температури розпилюваних крапель і їх фракційного складу. Розпиленні краплі і частинки витягувались з калориметра, просувались крізь сита, зважувались на аналітичних вагах з точністю до 1 мг.

Результати дослідження показали, що температура плазмово-металевого струменя всіх розпилюваних матеріалів набагато перевищує температуру плавлення і кипіння, так що частина крапель переноситься в сильно перегрітому стані, а частина – в пароподібному.

Аналізуючи фракційний склад частинок і крапель матеріалів, можна сказати, що практично покриття на 80% складається з фракцій розмірами 0,4–0,1 мм. А дрібнодисперсні фракції мають розміри 0,1 мм і менше.

## **ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНАЯ РЕАКТИВНО-ФЛЮСОВАЯ ПАЙКА АЛЮМИНИЯ**

При пайке тонкостенных и сложных по конфигурации конструкций из алюминия и его сплавов существует множество технологических проблем. Так, ручные способы пайки с местным нагревом, вызывают значительные тепловые деформации металла. Пайка конструкций в флюсовых ваннах требует большого количества флюса. Кроме того, в ряде случаев кроме растворения металла в расплавленном флюсе происходит еще и процесс эрозии, влияющий на качество паяных соединений. При пайке в ваннах с расплавленным припоем возникает трудность с процессом флюсования мест пайки и защитой остальной поверхности от растекания припоя. Поэтому способ пайки в печах, обладающий широкой универсальностью является оптимальным.

Во всех случаях при флюсовой пайке технологический процесс предусматривает нанесение флюса и размещение припоя. При этом, необходимо дозировать количество припоя, так как его избыток приводит к стеканию, образованию наплывов, в которых растворяется паяемый металл, образуются подрезы. В массовом и многосерийном производстве при пайке алюминия и его сплавов, припой вводят плакированием паяемого материала припоем. Однако это не обеспечивает гарантированной технологичности [1].

Возможность повышения технологичности процесса существует при применении реактивно-флюсовой пайки, при которой припой образуется в результате восстановления металла из флюса или диссоциации одного из компонентов. Однако данному способу пайки присущи все недостатки пайки легкоплавкими припоями: низкая прочность соединений и низкая коррозионная стойкость. Поэтому задача разработки смеси для реактивно-флюсовой пайки алюминия, обеспечивающей комплекс необходимых технологических и прочностных характеристик соединения, является актуальной.

Выполнен анализ припоев, применяемых для высокотемпературной пайки алюминия. Установлено, что при пайке алюминия и его сплавов силиконами необходимо обеспечить введение в зону соединения натрия и магния.

Разработана смесь состава  $\text{Na}_2\text{SiO}_3\text{-HCl-Mg}$ . Предложенный состав прося позволяет обеспечить легкое и технологичное нанесение его на поверхность соединяемых деталей, и за счет клеящих свойств смеси упрощать сборку изделий.



При веденні процесу з'єднання алюмінію через прослой образуються шови і дифузійні зони, характерні для паяних з'єднань. Образована евтектична суміш при виділенні вільного кремнію, дифундуючого в алюмінієві деталі, заповнює зазор в стыке і забезпечує якісне формування зони з'єднання.

Досліджена міцність з'єднань на різі становила 82% від міцності основного металу.

Таким чином, створені основи технології високотемпературної реактивно-флюсової пайки алюмінію за рахунок прослой системи  $\text{Na}_2\text{SiO}_3\text{-HCl-Mg}$  володіє флюсуючими властивостями і дозволяє отримувати з'єднання на основі евтектики  $\text{Al-Si}$ . Далішні задачі досліджень в даному напрямку пов'язані з розробкою технологічних прийомів ведення процесу пайки алюмінію і його сплавів, що дозволяють забезпечити ефективність видалення оксидної плівки за короткий період часу при отриманні прецизійних з'єднань.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Никитинский, А.М. Пайка алюминия и его сплавов [Текст] / А.М. Никитинский – М.: Машиностроение, 1983. – 192 с.

УДК 539

Попов С.М.<sup>1</sup>, Трубочанінова К.В.<sup>2</sup>, Гріцкевич А.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> проф. ЗНТУ

<sup>2</sup> студ. гр. ІФ-419 ЗНТУ

*Попов С.М., Трубочанінова К.В., Гріцкевич А.А.*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМУ РУЙНУВАННЯ ПОВЕРХНІ ТЕРТЯ ЗІРОЧКИ ГУСЕНИЧНОГО КРАНУ МАРКИ SUMITOMO LINK – BELT LS – 418 AI**

Самостійні будівельні вантажопідйомні крани є важливим засобом механізації будівельно-монтажних робіт і широко застосовуються при зведенні мостів і споруд. Так, зокрема, на мостових переходах через ріку Дніпро в м. Запоріжжі було застосовано підйомний кран марки Sumitomo Link – Belt LS – 418 A, який експлуатується в умовах підвищеної запиленості будмайданчика. В зв'язку з цим, деталі, що підпадають під контактування з абразивними частками, швидко руйнуються і виходять з експлуатації, що потребує їх заміни. Тому задача аналізу механізму зношування поверхні деталей вантажопідйомних механізмів є дуже нагальною та важливою науковою тематикою. Вирішення цієї наукової задачі необхідно робити у площині, перш за все, аналізу механізму контактної

взаємодії поверхні тертя робочих деталей, що швидко зношуються [1]. Подалі, на підставі цих досліджень необхідно дослідити вплив фізико-механічних властивостей та структурно-фазового стану сплавів на зносостійкість у конкретних умовах абразивного спрацювання [2].

Дослідження поверхні тертя ведучого колеса гусеничного крану показав наявність канавок, впадин, лунок, що свідчить про комплексний механізм руйнування поверхні тертя, який складається з взаємодії метал – метал, та метал – абразивна частка. Таким чином в умовах гранітних кар'єрів з наявністю значного запилення шляхових магістралів для пересування крану, в зачепленні між парою зірочка – гусениця, з наявністю мастильних матеріалів, накопичуються абразивні частки граніту, діабазу та інших гірських порід.

Ці абразивні частки, у даному випадку, виконують роль контртіла і переводять питомий вплив фактору руйнування поверхні тертя із системи метал – метал у систему метал – абразивна частка. В такому випадку фіксується механізм абразивного зношування в умовах як закріпленого, так і напівзакріпленого контактування трибосистеми.

З'ясовано, що закріплений контакт відбувається в момент заклинювання робочої поверхні зірочки і абразивної частки в радіальному зазорі до траку гусениці. У даному випадку міцність на стиск  $\sigma_{ст}$  абразивної частки є критерієм оцінки передачі енергії руйнації у локальному об'ємі, який передається до поверхні тертя зірочки.

Виходячи з цього, нами було встановлено, що зміцнення та підвищення зносостійкості даної деталі повинно відбуватися за умов нанесення зносостійких гетерогенних шарів, що включають приблизно 50–60% зміцнюючої фази з мікротвердістю не менше ніж твердість  $H_{50}$  абразивних зерен, що у даному випадку складає 14–18 ГПа. При цьому, треба розуміти, що мікротвердість основи матриці сплава повинна знаходитись в межах 6–8 ГПа [3].

Тому при виборі стандартних наплавочних сплавів, треба встановлювати критеріальне значення зміцнюючої фази в межах 18 – 24 ГПа. Враховуючи даний параметричний опис, із найбільш оптимальних матеріалів, нами були обрані електроди для ручного дугового зварювання Т-590 з хімічним складом: 3,2% С, 2,2% Si, 1,2% Mn, 25% Cr, 1% В і агрегатною твердістю 58–62 HRC.

Також було запропоновано наплавляти підшар електродами УОНИ 1355, що дозволяє відновити розміри деталі менш дорогим матеріалом та зменшити власні напруження при наплавленні.

Проведені промислові випробування в умовах діючого виробничого циклу експлуатації вантажопідйомного крану марки Sumitomo Link – Belt LS – 178

418 А дозволило встановити, що, застосування розробленої технології дозволяє підвищити зносостійкість ведучого колеса в 1,5–2 рази.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Попов, С.М. Триботехнічні та матеріалознавчі аспекти руйнування сталей і сплавів при зношуванні [Текст]: навчальний посібник / С.М. Попов, Д.А. Антонюк, В.В. Нетребко – Запоріжжя: ЗНТУ, ВАТ «Мотор Січ», 2010. – 368 с.
2. Попов, С.М. Аналітична модель розрахунку геометричних складових твердої фази зносостійких сплавів в умовах контакту із закріпленим абразивом [Текст] / С.М. Попов, Д.А. Антонюк // Проблеми трибології. – 2013. – №2. С. 59–65.
3. Попов, С.Н. Анализ совместного влияния химического состава и твердости наплавочных сплавов Fe-C-Cr-B-Si на способность к сопротивлению абразивному изнашиванию [Текст] / С.Н. Попов // Вісник Національного технічного університету «ХПІ»: зб. наук. праць. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. / Х.: НТУ «ХПІ», 2012. – №68(974). – С. 10–14.

УДК 621.785

Холод А.В.<sup>1</sup>, Федченко Ю.В.<sup>2</sup>, Андрущенко М.И.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> асп. ЗНТУ

<sup>2</sup> студ. ІФ-319

<sup>3</sup> канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

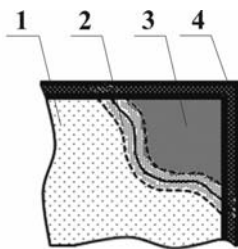
*Холод А.В., Федченко Ю.В., Андрущенко М.И.*

### **СТРУКТУРА И СВОЙСТВА НАПЛАВЛЕННОГО МЕТАЛЛА ПОСЛЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ЦЕМЕНТАЦИИ**

По ряду технологических причин применение наплавки износостойкими карбидосодержащими металлами зачастую не возможно. В частности, наплавка таких деталей как штампы для прессования огнеупоров или других подобных изделий осложнена, во-первых образованием трещин в наплавленном валике, во-вторых, износостойкий карбидосодержащий металл обладает высокой склонностью к скалыванию процессе работы штампов, из-за неоднородности распределения карбидов, в-третьих из-за высокой твердости осложнена последующая механическая обработка рабочих кромок. Кроме того наплавка цементованных штампов приводит к снижению твердости рабочей поверхности в околошовной зоне и в результате к налипанию прессуемой массы и браку изделий. В связи с этим штампы очень многих разновидностей, особенно сложной конфигурации до настоящего времени не восстанавливаются.

Один из вариантов решения данной проблемы заключается в том, что восстановление и упрочнение штампов предлагается проводить в два этапа. Вначале наплавлять кромки штампов материалами, которые не содержат высокого количества углерода, что снимает опасность образованию горячих или холодных трещин и обеспечивает возможность обработки лезвийным инструментом в окончательный размер штампа. А на втором этапе упрочнение произвести цементацией на необходимую глубину с последующей закалкой на заданную структуру. Схема кромки штампа упрочненной комбинированным способом представлена на рисунке 1.

Возможны несколько сочетаний типов основного металла детали и наплавленного. В данном случае изучали структуру и свойства слоев, наплавленных электродами обеспечивающими в слое состав в исходном состоянии 0,12–0,15% С и 12–14% Cr, наплавка проводилась на сталь 20Х. Таким образом, содержание Cr в поперечном направлении изменялось от 1% до 13% с резким перепадом в районе переходной зоны. Цементацию проводили в твердом карбюризаторе, включающем специальные добавки, при температуре 980–1010 °С, закалку в масле от температуры 1030 °С. Параллельно проводилась цементация цилиндрических образцов свидетелей для определения химического состава по глубине цементованного слоя.



1 – основной металл; 2 – переходная зона; 3 – наплавленный металл; 4 – цементованный слой

**Рисунок 1** – Схема кромки штампа, упрочненной комбинированным способом.

Содержание углерода в начале цементованного слоя на не наплавленной поверхности достигает 1,5–1,6%, затем плавно снижается до 0,2% в сердцевине. В структуре начала слоя преобладает аустенит с небольшим количеством крупноиглочатого мартенсита, затем по мере увеличения содержания углерода количество мартенсита увеличивается, твердость при этом возрастает с 34 HRC до 62 HRC. Далее твердость падает по мере приближения к сердцевине.

Структура цементованного слоя наплавленного металла характерна для высокохромистых сталей. По глубине слоя можно выделить четыре основные

зоны. Непосредственно на поверхности присутствует зона оксидов, толщиной до 0,15 мм. В слое на не наплавленном участке такая зона отсутствует.



**Рисунок 2** – Характер окисленной зоны на кромке образца из стали 12X13 ( $\times 200 \times 0,5$ ).

По данным [1] общее содержание кислорода в пределах окисленной зоны в результате цементации повысилось более чем на три порядка.

За окисленной зоной следует непротяженный участок слоя, состоящий практически из одних карбидов – карбидная корка. Основываясь на анализе горизонтальных разрезов диаграммы Fe-C-Cr исходя из того, что содержание углерода здесь достигает 4,5–5% можно предполагать, что здесь преобладают карбиды цементитного типа  $(\text{Fe,Cr})_3\text{C}$ .

За карбидной коркой находится зона, содержащая до 40% мелкодисперсных карбидов  $(\text{Fe,Cr})_7\text{C}_3$ , микротвердость которых достигает 15 ГПа, что выше микротвердости частиц абразивных масс для производства огнеупоров. Поэтому эта часть слоя является наиболее перспективной с точки зрения сопротивляемости изнашиванию. При этом важно также, что ее протяженность 0,5–0,7 мм соизмерима с величиной допустимого износа кромок штампов. За этой зоной следует переходная к сердцевине зона, в которой небольшое количество карбидов располагается по границам зерен.

Таким образом, структура и свойства слоя наплавленного высокохромистыми материалами с последующей цементацией указывают на перспективность применения комбинированного способа восстановления и упрочнения штампов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Переверзьев, В.М. Окисление хромистых сталей при цементации в твердом карбюризаторе [Текст] / В.М. Переверзьев, В.М. Бартеньев, В.Н. Бурмистров // Металловедение и термическая обработка металлов. – 1976. – №6. – с.22–25.

УДК 621.791.75.052:669.15: 620.18

Савонов Ю.Н.<sup>1</sup>, Александров А.Г.<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

*Савонов Ю.Н., Александров А.Г.*

## **СВАРИВАЕМОСТЬ ВЫСОКОЛЕГИРОВАННЫХ ФЕРРИТО АУСТЕНИТНЫХ СТАЛЕЙ**

В качестве конструкционного материала для изготовления сварного оборудования на химических заводах применяется аустенитная хромоникелевая сталь 12X18H10T. Однако, она подвержена различным коррозионным разрушениям: избирательная коррозия металла шва, ножевая, щелочная, питтинговая, растрескиванию под напряжением. Это приводит к преждевременному выходу оборудования из строя и простоя технологических линий.

В этой связи, перспективным является использование двухфазных феррито–аустенитных сталей, таких как 08X22H6T, 08X21H6M2T, 12X21H5T и др. Эти стали обладают совокупностью свойств, присущих как аустенитным, так и ферритным сталям: хорошей свариваемостью, технологичностью, высокой стойкостью против межкристаллитной, питтинговой коррозии, коррозионного растрескивания под напряжением. Применение двухфазных сталей позволяют уменьшить потребление никеля на 40–50%, увеличить долговечность оборудования, уменьшить затраты на его ремонт.

Рост зерен феррита в зоне термического влияния сварных соединений двухфазных аустенитно-ферритных сталей, выполненных, аустенитными электродными материалами снижает пластические свойства сварного соединения в целом. Однако, в связи со значительным различием коэффициентов линейного расширения стали 08X22H6T и 08X18H10T, проводить термическую обработку сварных соединений нежелательно, ввиду возможности появления дополнительных напряжений в наплавленном металле.

Наличие в структуре феррито-аустенитных сталей одновременно двух фаз определяет особенности структурных превращений, происходящих в зоне термического влияния этих сталей под воздействием термического цикла сварки.

Вследствие кратковременности пребывания околошовной зоны при высоких температурах полное превращение  $\gamma$ - $\alpha$  не происходит, в металле сохраняется некоторое количество аустенита. Увеличение объема ферритной фазы сопровождается, при этом, ростом размеров его зерна и, как следствие, снижением ударной вязкости. Размер зерна и количество феррита, а также ширина зоны перегрева зависят от погонной энергии сварки, соотношения количества структурных составляющих в исходном состоянии и от содержания углерода в стали, определяющее чувствительность ее к перегреву.

Интенсивный рост зерен феррита в двухфазных сталях происходит в течение 1–3 с (в интервале температур 1100–1350 °С). Дальнейшее увеличение выдержки практически не влияет на размер зерна. Поэтому, полнота  $\gamma$ - $\alpha$  превращения обуславливается только максимальной температурой нагрева и мало зависит от времени выдержки.

Размер зерна возрастает с повышением удельного тепловложения при сварке стали 0Х21Н5Т до 2500 кДж/м. При величинах тепловложения, больших 2500 кДж/м наблюдается торможение и дробление зерна по всей зоне термического влияния вследствие интенсивного образования вторичного аустенита в виде игл, которые пересекают и дробят матрицу ферритного зерна.

Однако, учитывая, что металл зоны термического влияния находится в интервале температур интенсивного роста зерна феррита 1100–1400 °С довольно значительное время, предотвратить рост зерна практически невозможно. Поэтому при выборе и обосновании способа и режимов сварки, необходимо исходить из условия обеспечения минимальной ширины участка крупного зерна в зоне термического влияния, т.е. сварку вести с умеренными погонными энергиями.

Количество вторичного аустенита зависит от времени выдержки при высоких температурах. Такой же эффект достигается при уменьшении скорости охлаждения металла зоны термического влияния до 1 °С/с в интервале температур 950–900 °С.

Таким образом, имеется возможность регулирования фазового состава и свойств металла зоны термического влияния сварных соединений двухфазных аустенитно-ферритных сталей путем применения электродных материалов аустенитно-ферритного класса и режимов сварки с малыми погонными энергиями, или применяя сварку при повышенных погонных энергиях с искусственным охлаждением зоны термического влияния по специальному режиму.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Савонов, Ю.Н. Влияние погонной энергии на коррозионную стойкость сварных соединений аустенитно- ферритных сталей типа 12Х21Н5Т [Текст] / Ю.Н. Савонов, А.Г. Александров, В.М. Рубан // Автоматическая сварка. - 1987. - №9. - С.45–47.

УДК 621.791.1

Калинин Ю.А.<sup>1</sup>, Куликовский Р.А.<sup>2</sup>, Брыков М.Н.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> асп. ЗНТУ

<sup>2</sup> канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

<sup>3</sup> д-р техн. наук, зав. каф. ОТСП

*Калинин Ю.А., Куликовский Р.А., Брыков М.Н.*

## **ОСНОВНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ В ОБЛАСТИ СВАРКИ ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ (ОБЗОР)**

Сварка трением с перемешиванием (СТП) широко используется в настоящее время для соединения мягких материалов, например алюминиевых сплавов. СТП позволяет исключить многие проблемы, связанные с плавлением материала при сварке. Ниже представлен краткий результат анализа публикаций в данной области, что позволяет увидеть перспективные направления дальнейших исследований.

**Материал инструмента для СТП**, используемый с настоящее время: инструментальные стали (сварка алюминиевых и магниевых сплавов), поликристаллический кубический нитрид бора, инструмент на основе вольфрама и рения (сварка сталей и титановых сплавов), прочее. Сейчас решен вопрос производства доступных по цене и достаточно долговечных инструментов для сварки мягких сплавов. Однако проблема создания столь же эффективных инструментов для СТП высокопрочных сплавов все еще не решена. Высокая хрупкость ограничивает применение нитрида бора, инструменты на основе вольфрама также ограниченно применимы в связи с недостаточной износостойкостью. Актуальным направлением является разработка недорогих и долговечных инструментов для СТП сплавов высокой прочности, например, стали и титана.

Интенсивность генерирования теплоты и параметры пластического течения свариваемого материала существенно зависят от размеров и формы опорного бурта (заплечика) и рабочего стержня инструмента. Оптимизации этих параметров уделяется значительное внимание.

**Диаметр опорного бурта** определяет общий вращающий момент и, соответственно, необходимую мощность привода. Показано, что увеличение диаметра бурта выше некоторого критического нецелесообразно, поскольку приводит к снижению интенсивности перемешивания материала в связи с понижающейся вязкостью последнего.

**Рабочий стержень** является наиболее нагруженной частью инструмента. Форма его сечения в принципе может изменяться от треугольника до круга (если не учитывать стержни специального сложного сечения) через произвольное количество сторон многоугольника. Прочность стержня должна быть достаточной, чтобы исключить его разрушение срезом при заданной температуре процесса СТП. В связи с этим минимальный диаметр стержня опреде-



ляется расчетом на срез при заданной температуре процесса. Максимальный диаметр определяется исходя из требований к качеству сварного шва. Установлено, что минимальные напряжения среза реализуются для круглого сечения стержня, максимальные – для треугольного. Для стержня треугольного сечения амплитуда напряжений среза за один цикл (один оборот) также максимальна.

**Структура сварного шва.** Шов при СТП, как правило, ассиметричен в силу технологических особенностей процесса. Типичное сечение шва состоит из нескольких зон: зона перемешивания, зона термомеханического влияния, зона термического влияния. Последняя состоит из деформированных зерен, мелких зерен, критических зерен и докритических зерен.

**Температура металла** в процессе СТП трудноопределима. Для измерения температуры поверхности вблизи от работающего инструмента используют пирометры, однако определение температуры материала в объеме, в зоне сварки непосредственно под инструментом очень затруднено. Данная проблема решается с помощью моделирования, но пока малоэффективно.

**Моделирование СТП**, вообще говоря, достаточно широко используется для расчета и оптимизации всех параметров процесса и характеристик инструмента. Используют в основном численное моделирование, нейросетевое моделирование и подобные методы. Работ, посвященных физическому моделированию СТП, значительно меньше.

Таким образом, при всем многообразии публикаций практически отсутствуют фундаментальные работы, которые освещали бы физическую сущность процесса СТП. В основном работы носят прикладной характер разработки технологии сварки некоторого изделия или оптимизации какого-либо параметра или параметров СТП. В связи с этим в настоящее время актуальными являются фундаментальные исследования процесса образования сварного соединения при СТП, в том числе физическое моделирование данного процесса.

УДК 621.791.92:539.538

Холод А.В.<sup>1</sup>, Андрущенко М.И.<sup>2</sup>, Осипов М.Ю.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> асп. ЗНТУ

<sup>2,3</sup> канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

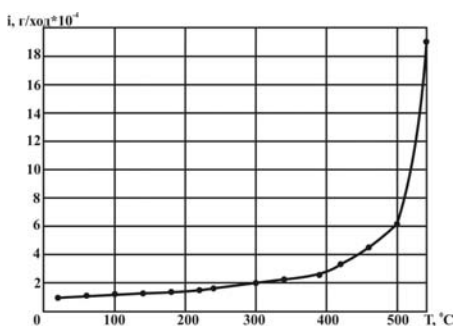
*Холод А.В., Андрущенко М.И., Осипов М.Ю.*

## **ОСОБЕННОСТИ ИЗНАШИВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ**

Известно, что повышение сопротивляемости изнашиванию чаще всего достигают путем оптимизации химического и фазового состава металлической матрицы и упрочняющих фаз. В условиях абразивного изнашивания при

температурах близких к комнатным наибольшая износостойкость достигается при наличии в металлической матрице большого количества высокоуглеродистого метастабильного аустенита. Положительная роль матрицы заключается, прежде всего, в ее способности упрочниться в процессе изнашивания. Известно, что микротвердость поверхности трения сталей с большим количеством остаточного аустенита может превышать 12 ГПа, что заметно выше, чем твердость мартенсита закалки. Однако известно и то, что потенциальная способность сталей с такой структурой реализуется не во всех случаях. Возможность фазовых превращений в процессе трения, приводящих к заметному повышению микротвердости и износостойкости существенно зависит от параметров условий изнашивания. Очень значимым из них является температура.

Испытания стали типа 140X12 проведенные на лабораторном стенде показали, что при повышении температуры от 20 до 550 °С интенсивность изнашивания возрастает до 20 раз (рисунок 1).



**Рисунок 1** – Зависимость интенсивности изнашивания стали 140X12 от температуры.

Это связано с тем, что с повышением температуры испытаний интенсивность  $\gamma \rightarrow \alpha$  превращений и упрочнение поверхности трения снижаются. Это вызвано стабилизацией аустенита, так как для начала образования мартенсита необходима разность свободных энергий, превышающая затраты на упругую деформацию и образование границ раздела.

Известно[1], что чем выше температура, при которой происходит деформация, т.е., чем больше удаление от точки начала мартенситных превращений ( $M_n$ ) и стабильнее аустенит, тем менее интенсивен процесс образования мартенсита деформации. Температура термодинамического равновесия фаз ( $M_d$ ) (рис. 2), выше которой и при самой сильной деформации не образуется мартенсит, также как и  $M_n$ , может рассматриваться как мера стабильности аустенита. В общем виде условия появления мартенсита выше темпера-

туры начала мартенситного превращения при охлаждении в условиях действия внешней нагрузки иллюстрирует схема, предложенная Олсоном и Коэном (см. рис. 2).

При температуре  $M_H$  первые кристаллы мартенсита возникают без помощи внешней нагрузки. В температурном интервале  $M_H < T < M_H^\sigma$  образование мартенситных кристаллов инициируется упругими напряжениями  $\sigma < \sigma_T$ . Получаемый в этих условиях мартенсит назван мартенситом напряжения. При  $M_H^\sigma < T < M_D$  уменьшение химических движущих сил приводит к тому, что напряжения, требуемые для образования мартенсита напряжений, превышают предел текучести  $\sigma_T$  аустенита и тогда происходит образование мартенсита деформации, количество которого прогрессивно увеличивается с ростом деформации. Выше температуры  $M_D$  вызвать мартенситное превращение путем пластической деформации не удается [1].



**Рисунок 2** – Взаимосвязь напряжения и температуры появления мартенсита.

То есть, область условий образования мартенсита деформации не безгранична. Существует определенный диапазон сочетаний исходных свойств сплавов и условий нагружения, в пределах которого возможно в той или иной мере протекание мартенситных превращений при деформационном воздействии.

Таким образом, при выборе или создании материалов для работы в условиях абразивного изнашивания при повышенных температурах невозможно эффективно использовать явление самоупрочнения поверхностей трения деталей за счет метастабильного аустенита. В таких случаях, если позволяют условия работы деталей с точки зрения эксплуатационной надежности, следует использовать материалы с большим количеством термостабильных упрочняющих фаз.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Филиппов, М.А. Стали с метастабильным аустенитом [Текст] / М.А. Филиппов, В.С. Литвинов, Ю.Р. Немировский – М.: Металлургия, 1988. – 256 с.

УДК 669.017

Капустян А.Е.<sup>1</sup>, Тимофеевко Д.Н.<sup>2</sup>, Петрашов А.С.<sup>3</sup>, Бережной С.П.<sup>4</sup>, Брыков М.Н.<sup>5</sup>

<sup>1</sup> старш. преп. ЗНТУ

<sup>2</sup> мастер производственного обучения ЗНТУ

<sup>3</sup> зав. лаб. ЗНТУ

<sup>4</sup> канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

<sup>5</sup> д-р техн. наук, зав. каф. ОТСП

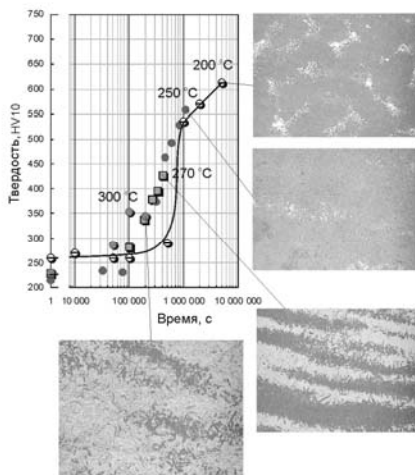
*Капустян А.Е., Тимофеевко Д.Н., Петрашов А.С., Бережной С.П.,  
Брыков М.Н.*

## КИНЕТИКА БЕЙНИТНОГО ПРЕВРАЩЕНИЯ НИЗКОЛЕГИРОВАННЫХ ВЫСОКОУГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ ПРИ ТЕМПЕРАТУРАХ ДО 300 °С

Проведены исследования по определению кинетики бейнитного превращения стали типа 120ГЗ после закалки от 950 °С при температуре изотермической выдержки изменяли в диапазоне 200–300 °С. Результаты представлены на рис. 1.

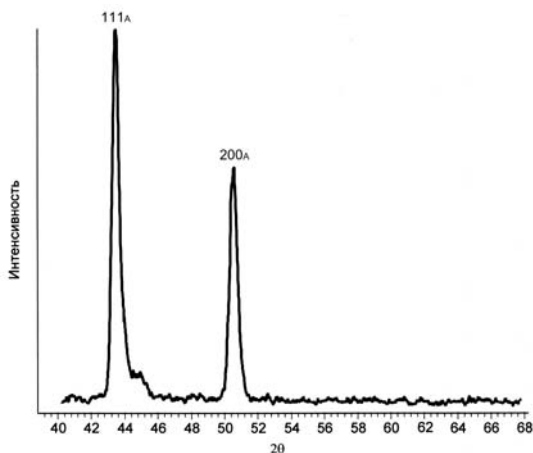
Секунды	Часы	Сутки
1 000	0,3	0,01
10 000	2,8	0,12
50 000	13,9	0,58
100 000	27,8	1,16
200 000	55,6	2,31
300 000	83,3	3,47
400 000	111,1	4,63
500 000	138,9	5,79
600 000	166,7	6,94
700 000	194,4	8,10
800 000	222,2	9,26
900 000	250,0	10,42
1 000 000	277,8	11,57
2 000 000	555,6	23,15
3 000 000	833,3	34,72
4 000 000	1 111,1	46,30
5 000 000	1 388,9	57,87
6 000 000	1 666,7	69,44
7 000 000	1 944,4	81,02
8 000 000	2 222,2	92,59
9 000 000	2 500,0	104,17
10 000 000	2 777,8	115,74
20 000 000	5 555,6	231,48
30 000 000	8 333,3	347,22
40 000 000	11 111,1	462,96
50 000 000	13 888,9	578,70
60 000 000	16 666,7	694,44
70 000 000	19 444,4	810,19
80 000 000	22 222,2	925,93
90 000 000	25 000,0	1 041,67
100 000 000	27 777,8	1 157,41

Годы

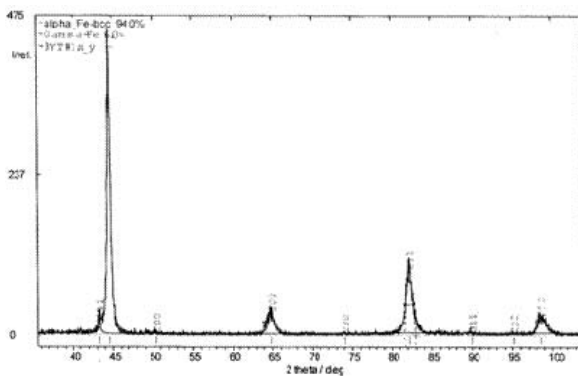


**Рисунок 1** – Зависимость твердости стали 1,2%С и 3%Мн от температуры и длительности изотермической выдержки.

Структура образцов изменялась от полностью аустенитной после закалки от 950 °С (рис. 2, а) до преимущественно ферритной ( $\alpha$  – фаза) после выдержки при 200 °С в течение 5 106 с (см. рис. 2, б).



а)



б)

**Рисунок 2** – Дифрактограмма стали 1,2% С и 3% Мn после закалки от 950 °С (а) и закалки + изотермической выдержке при 200 °С в течение 5·106 с (б).

Повышение температуры изотермической выдержки ускоряет процесс превращения, но снижает его полноту. Поэтому твердость стали после изотермической выдержки значительно снижается (см. рис. 1).

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕМПФИРУЮЩИХ СВОЙСТВ КОМПОЗИТА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ УДАРНЫХ НАГРУЗОК**

Во многих современных машинах и механизмах используется энергия ударного импульса. Однако, кроме выполнения полезной работы ударным импульсом, возникает проблема уменьшения негативного воздействия отраженной ударной волны, так как отраженный ударный импульс приводит к преждевременному разрушению деталей и оборудования. Одним из эффективных способов нейтрализации отраженного ударного импульса, является применение материалов, обладающих высокими демпфирующими свойствами [1].

Целью данной работы является сравнительная оценка диссипативных свойств композитов на основе стали 45 с различными наполнителями.

В качестве материалов наполнителя использовали чугунную дробь (диаметр 2–3 мм), рубленную медь и титан фракцией 2–3 мм. Массовая доля наполнителя 10%.

Композит получали путем электрошлакового переплава стали 45 с введением гранул наполнителя в процессе плавки [2, 3].

Исследования диссипативных свойств образцов композитов проводили на специальном стенде для изучения волновых процессов в ударных системах. Стенд разработан в Муромском Филиале Владимирского Государственного Университета [4].

В исследуемых образцах ударный импульс генерировался в результате соударения цилиндрических бойка и волновода равных диаметров (22 мм), длина бойка составляла 240 мм, а длина волновода 60 мм. Схема проводимых испытаний приведена на рисунке 1.

Полученные в результате экспериментальных исследований осциллограммы ударных импульсов приведены на рисунке 2.

Сравнительную характеристику диссипативных свойств проводили по величине энергии регистрируемого ударного импульса.

### **ВЫВОДЫ**

Установлено, что при введении в сталь 45 иннокуляторов в виде меди, титана и серого чугуна наибольшее значение рассеивания ударного импульса наблюдается для композита сталь 45–СЧ10.

При введении серого чугуна в количестве 15% по массе в сталь 45 наблюдается рост демпфирующих свойств в 1,3 раза.

Таким образом, для изготовления деталей и механизмов ударных систем, для которых нейтрализация ударного импульса является необходимым условием, предлагается использование композита на основе низкоуглеродистой стали с гранулами из серого чугуна.

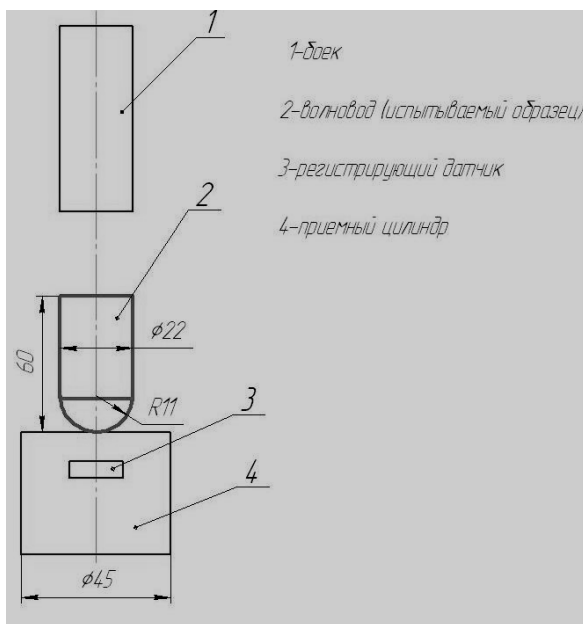


Рисунок 1 – Схема испытаний.

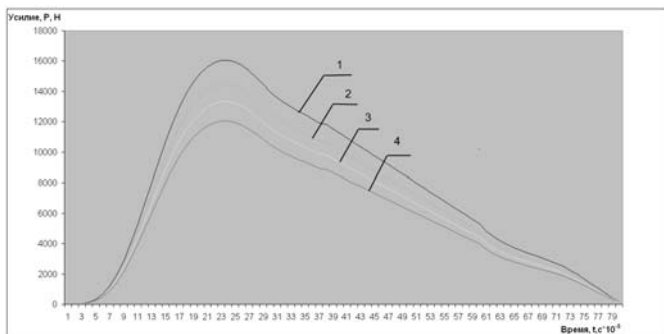


Рисунок 2 – Осциллограммы ударных импульсов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Алимов, О.Д. Удар. Распространение волн деформаций в ударных системах [Текст] / О.Д. Алимов, В.К. Манжосов, В.Э. Еремянц. – М.: Наука, 1985. – 357 с.
2. Билоник, И.М. Анализ возможности получения высокодемпфирующих материалов методом электрошлаковой выплавки [Текст] / И.М. Билоник, А.А. Шумилов, П.К. Штанько // Вісник СевНТУ. Механіка, енергетика, екологія. – 2010. – Вип. 110. – С. 184–185.
3. Пат. 41465 Україна, МПК C22B 9/18. Спосіб отримання композита / власник Запорізький національний технічний університет. – №u200814307; заявл. 12.12.2008; опубл. Бюл №10, 2009.
4. Киричек, А.В. Технология и оборудование статико-импульсной обработки поверхностным пластическим деформированием. Библиотека технолога [Текст] / А.В. Киричек, Д.Л. Соловьев, А.Г. Лазуткин. –М: Машиностроение, 2004. – 288 с.



УДК 669.715:621.785

Skuibida O.L.

<sup>1</sup>cand. of techn. sciences, doc. of ZNTU

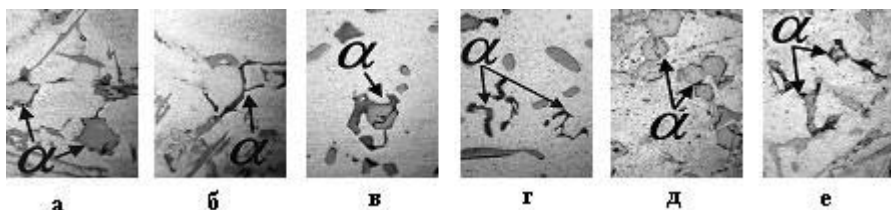
*Skuibida O.L.*

## **MORPHOLOGICAL AND STRUCTURAL TRANSFORMATIONS DURING HEAT TREATMENT OF SECONDARY AL-SI ALLOYS**

Low quality of secondary silumins is connected primarily with the presence of harmful impurities of iron intermetallic phases in their structure, which have large sizes, unfavorable morphology and as a rule play the role of stress concentrators in the material. That's why the knowledge of the characteristics of phase and morphological transformations of iron-based phases under the influence of heat treatment as an integral part of the process of manufacture of aluminium products acquires a great significance.

Unifactor experiment with varying dwell time during quenching (dwell time at aging  $\tau_{ag}=0$ ) and aging (dwell time at hardening  $\tau_h=6$  h) of the secondary alloy AK8M3 was conducted. Quenching and aging were made at  $500\pm 10$  °C and  $180\pm 10$  °C respectively. The phase composition of the alloy AK8M3 before heat treatment corresponded to the presence of a solid solution based on aluminum (Al), silicon eutectic Si, intermetallic phases based on iron ( $\alpha\text{-Al}_{15}(\text{FeMn})_3\text{Si}_2$ ) and copper ( $\theta\text{-Al}_2\text{Cu}$ ). Iron-based  $\alpha$ -phase had as polyhedral (fig. 1, a) and as extended film-like morphology (fig. 1, b). Application of long dwell time for quenching ( $\tau_h = 11$  h,  $\tau_{ag}=0$ ) resulted in changes of shape of iron-based phases. The violation of proper polyhedral shape of  $\alpha$ -phase particles (fig. 1, c), the fragmentation of crystals on individual inclusions (fig. 1, d) and their partial dissolution were observed. Lattice parameter decreased slightly (from 0,40542 Å to 0,40479 Å). It is connected with the transition of atoms of the alloying elements such as silicon, copper and iron which smaller than the radius of the aluminum atom radiuses ( $r_{Si}=0,117$  nm,  $r_{Cu}=0,128$  nm,  $r_{Fe}=0,127$  nm,  $r_{Al}=0,143$  nm) in the aluminum matrix.

After use of quenching and artificial aging film-like  $\alpha$ -phase separations observed in the structure prior to heat treatment were practically absent. When  $\tau_h=6$  h,  $\tau_{ag}=14$  h were used the particles of iron-based phase formed conglomerations of polyhedrons in certain micro-volumes of the microsection (fig. 1, e) or spread over the surface of microsection relatively evenly in the form of compact branched crystals (fig. 1, f).



a, б – before heat treatment; в, г –  $\tau_h = 11\text{ h}$ ,  $\tau_{ag} = 0$ ; д,  
е –  $\tau_h = 6\text{ h}$ ,  $\tau_{ag} = 14\text{ h}$ ;

**Figure 1** – Morphological features of iron-based intermetallic phases in the structure of secondary alloy AK8M3 (x800)

After prolonged aging chemical composition of  $\alpha$ -phase corresponded to the compound  $\text{Al}_{15}(\text{FeMnCu})_3\text{Si}_2$ . Lattice parameter of (Al)-solid solution of the alloy AK8M3 increased from  $0,40489\text{ \AA}$  (at  $\tau_h = 6\text{ h}$ ,  $\tau_{ag} = 0$ ) to  $0,40529\text{ \AA}$  (at  $\tau_h = 6\text{ h}$ ,  $\tau_{ag} = 14\text{ h}$ ).

It should be noted that the diffusion coefficient of iron – the main harmful impurity of secondary silumins is almost two times lower than the diffusion coefficients of alloying elements of such alloys. Thus, the diffusion coefficient of magnesium in aluminum is  $2 \cdot 10^{-9}\text{ sm}^2/\text{sec}$ , copper –  $2,8 \cdot 10^{-10}\text{ sm}^2/\text{sec}$ , zinc –  $10^{-9}\text{ sm}^2/\text{sec}$ , manganese –  $10^{-11}\text{ sm}^2/\text{sec}$ , iron –  $10^{-17}\text{ sm}^2/\text{sec}$ .

Based on the results obtained, it can be assumed that it is necessary to increase the dwell time of heat treatment for uniform concentration of alloying elements in the structure of secondary Al-Si alloys and the total transmission of diffusion processes, that is connected with high iron content and consequently a significant amount of iron-based intermetallic phases in the structure. Thus, optimized to iron content heat treatment can be considered as a reserve of quality improvement of secondary silumins.

УДК 669.169.6:669.283

Петрищев А.С.

асист. ЗНТУ

*Петрищев А.С*

## **ЕФЕКТИВНІСТЬ УТИЛІЗАЦІЇ ТЕХНОГЕННИХ ВІДХОДІВ ПРИ ОТРИМАННІ СПЛАВУ ДЛЯ ЛЕГУВАННЯ ТА РОЗКИСНЕННЯ ШВИДКОРІЖУЧИХ СТАЛЕЙ**

Проблема забезпечення мінерально-сировинної бази для виробництва легуючих матеріалів на основі рідкісних і тугоплавких елементів особливо загострилася в останні роки у зв'язку із стрімким зростанням цін на них на світовому ринку споживання. Тому розробка вітчизняних ресурсозберігаю-

чих технологій молибден- і вольфрамвмісних сплавів і лігатур, тим більше з паралельною утилізацією немобільних відходів (окалина швидкорізальних сталей) представляє не лише науковий, але, передусім, практичний промисловий інтерес.

У разі використання забруднених супутніми шкідливими домішками відходів, як правило, здійснюється рафінувальна плавка, як, наприклад, утилізація цінних елементів і заліза з техногенних відходів (окалини, пилу, шламу та ін.) у рамках проекту ZEWA і виробництво лігатур і сплавів на основі різних техногенних відходів і залізорудної сировини методом відновлення оксидів металів в залізовуглецевому розплаві.

Метою цих досліджень була розробка способу утилізації легувальних елементів з дрібнодисперсних забруднених металооксидних відходів виробництва товарних заготовок швидкорізальних сталей, а конкретне завдання полягало у вивченні фазових перетворень при одержанні сплаву для легування і розкиснення швидкорізальних сталей з відносно низьким вмістом кремнію разом із застосуванням растрової електронної мікроскопії і рентгенівського мікроаналізу.

Зразки для досліджень виплавляли в печі непрямого нагрівання з графітовим тиглем в інтервалі температур 1773–1823 К. Як початковий матеріал використовували окалину швидкорізальної сталі. Відновлення проводили добавками в шихту вуглецю циклонного пилу вуглеграфітового виробництва у кількості 15% мас. Розкиснення сплаву і збільшення залишкового змісту кремнію в ньому досягали введенням 45% -го феросиліцію.

Вигар легувальних елементів при виплавці стали, як витратна стаття, може здійснюватися переходом їх в шлак, окисненням атмосферою печі, а також сублімацією з'єднань, що мають високу пружність пари. Дана робота спрямована на поглиблення уявлень про природу вигару і розробку заходів, що призводять до його зниження, і як наслідок, підвищенню ступеню засвоєння легувальних елементів і виходу придатного.

Основна частина оксидів заліза в окаліні, що є одним з вихідних матеріалів, представлена хімічними сполуками  $\text{Fe}(\text{O}, \text{C})$ ,  $(\text{Fe}, \text{Cr})_2\text{O}_3$  та  $\text{FeO}$ , а тугоплавкі легувальні елементи розчинами в залізі, і лише незначна частина – карбідами типу  $\text{Mo}_2\text{C}$ ,  $\text{W}_2\text{C}$ ,  $\text{V}_2\text{C}$ ,  $\text{Fe}_3\text{C}$  за рахунок залишкового вуглецю.

При аналізі термодинамічних закономірностей відновлення металів з оксидів окалини, що проходять в початковий період в гетерогенній системі, а потім в рідкій фазі за рахунок вуглецю і кремнію при значному їх надлишку відносно стехіометричного співвідношення, можлива безліч реакцій з утворенням  $\text{Fe}_3\text{C}$ ,  $\text{Fe}_3\text{W}_3\text{C}$ ,  $\text{WC}$ ,  $\text{Mo}_2\text{C}$ ,  $\text{FeSi}$ ,  $\text{Fe}_5\text{Si}_3$ ,  $\text{Fe}$ ,  $\text{WSi}_2$ .

Результати проведених досліджень вказують на те, що відновлення забруднених металооксидних техногенних відходів шляхом рафінувальної плавки починається в гетерогенній системі з утворенням карбідних і силіци-

дних фаз. Поява рідкої фази заліза призводить до розчинення в ній карбідів, що утворилися, силіцидів і графіту з довідновленням оксидної складової. Дослідження фазового складу сплаву для легування і розкиснення швидкорізальних сталей з відносно низьким вмістом кремнію свідчить, що разом з твердим розчином W, Mo, Cr в  $\alpha$ -Fe в ньому присутня велика кількість включень карбідних ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ,  $\text{Fe}_3\text{W}_3\text{C}$ ), карбосиліцидних і силіцидних фаз. Деяка частина заліза і вольфраму знаходиться в інтерметалідах  $\text{Fe}_2\text{W}$  і  $\text{Fe}_7\text{W}_6$ . Приведені фрактограми і результати рентгенівського мікроаналізу підтверджують присутність вищезгаданих з'єднань в сплаві. Вміст вуглецю в межах 2,64–4,93% і кремнію – 0,17–2,39% в досліджених фазах вказує на можливість паралельного довідновлення оксидної складової і розкиснення при використанні досліджуваного сплаву як легувальної добавки. Підвищений відновний потенціал сплаву і відсутність в ньому легкосублімуючих з'єднань призводить до зменшення вигару цінних легувальних елементів і підвищення ступеню їх засвоєння в сталі. Проведені дослідження дають глибші уявлення про перетворення, що протікають в процесі відновної рафінувальної плавки, фазовий склад цільового сплаву, структуру і хімічний склад мікровключень і фаз, що є одним з кроків до оптимізації технологічних параметрів одержання і застосування сплаву для легування і розкиснення швидкорізальних сталей на основі техногенних відходів.

УДК 669.017:669.15-194:621.785.9

Островська А.Є.

старш. викл. ЗНТУ

*Островська А.Є.*

## **ВПЛИВ ПОВЕРХНЕВОЇ ЛАЗЕРНОЇ ОБРОБКИ НА ВТОМНУ ВИТРИВАЛІСТЬ ВТОРИННИХ СИЛУМІНІВ**

Підвищення якості вторинних силумінів є актуальною проблемою сучасного машинобудування. Використання цих сплавів обмежене пониженими механічними та експлуатаційними властивостями у порівнянні із первинними силумінами.

Завтектичні вторинні силуміни типу АЛ25 використовуються для виготовлення такої високонавантаженої та відповідальної деталі двигунів внутрішнього згорання як поршень. Ця деталь працює у складних умовах, що характеризуються підвищеними температурами (порядку 300 °С) та циклічними навантаженнями. Враховуючи це, однією із найважливіших механічних характеристик цього сплаву є втомна витривалість.

У роботі було досліджено вплив поверхневої лазерної обробки на втомну витривалість вторинного силуміну АЛ25. Для покращення мікроструктури сплаву та підвищення механічних властивостей його розплав буд додатково

оброблений модифікатором (Пат. України № 42653). Лазерна обробка проводилася в атмосфері навколишнього середовища із використанням імпульсного лазера в режимі оплавлення поверхні із перекриттям плям 30%. Втомні випробування проводилися на високочастотному стенді БДГУ при частоті 18 кГц при 20 °С та при 300 °С. Для порівняльних досліджень база випробувань складала  $10 \cdot 10^6$  циклів. Порівнювались зразки виготовлені із вторинного сплаву АЛ25 із різними схемами обробки: варіант 1 – без лазерної обробки, при 20 °С, варіант 2 – без лазерної обробки, при 300 °С, варіант 3 – із лазерною обробкою, при 20 °С, варіант 4 – із лазерною обробкою, при 300 °С.

Результати випробування показали, що втомна витривалість зразків без лазерної обробки в середньому була на 15–20% вище ніж у зразків із лазерною обробкою. При цьому розбіжність між показниками була більшою при 20 °С ( $\sigma_{-1}^{\text{бло}, 20} = 107 \text{ МПа}$  та  $\sigma_{-1}^{\text{ло}, 20} = 68 \text{ МПа}$ ), ніж при 300 °С ( $\sigma_{-1}^{\text{бло}, 300} = 75 \text{ МПа}$  та  $\sigma_{-1}^{\text{ло}, 300} = 61 \text{ МПа}$ ).

Причиною подібного зниження властивостей може бути комплексний вплив декількох факторів. По-перше, поверхневий шар після лазерної обробки мав підвищену шорсткість, як наслідок оплавлення. По-друге, можна зробити припущення, що підчас швидкого охолодження поверхневого шару у ньому виникають розтягуючі напруження. На користь цього припущення свідчить той факт, що при підвищених температурах випробування різниця між показниками втомної витривалості зразків без лазерної обробки та із нею була значно меншою, ніж при кімнатній температурі. Вірогідно, під впливом високих температур в поверхневому шарі, який був оброблений лазером, відбулися процеси аналогічні до процесів зниження внутрішніх напружень при відпуску та старінні.

Отже, в результаті проведених досліджень, було зроблено висновок, що застосування лазерної обробки без ряду додаткових заходів, не може бути використане для підвищення втомних характеристик вторинних заєвтектичних силумінів. Проте аналіз факторів, що призвели до зниження втомної витривалості зразків із лазерною обробкою, дає можливість прогнозувати, що застосування заходів для зниження шорсткості поверхні та зняття внутрішніх напружень у поверхневому шарі, дозволить підвищити значення цієї характеристики та повністю реалізувати потенціал поверхневої лазерної обробки, як засобу підвищення комплексу механічних властивостей вторинних силумінів.

УДК 504 : 658

Пономаренко Н.И.<sup>1</sup>, Ремизова А.Д.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> канд. фарм. наук, доц. ЗНТУ

<sup>2</sup> студ. гр. Е – 513 ЗНТУ

*Пономаренко Н.И., Ремизова А. Д.*

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МЕНЕДЖМЕНТ**

Проблема совершенствования отношений по природопользованию обусловлена экологическими трудностями экономического роста, а так же ухудшением природных условий воспроизводства рабочей силы.

Экологический менеджмент относят к ключевой доминанте устойчивого развития и одновременно к высшим приоритетам промышленной деятельности и предпринимательства.

Экологический менеджмент – инициативная и результативная деятельность экономических субъектов, направленная на достижение их собственных экологических целей, проектов и программ, разработанных на основе принципов эффективности и экосправедливости.

В основе экологического менеджмента лежат следующие принципы:

- экологический императив – приоритет экологических целей;
- эколого-экономическая сбалансированность – размещение и развитие производства на любой территории должно осуществляться с учетом ее экологической технологичности.

Целями экологического менеджмента являются:

- снижение негативного воздействия на окружающую среду;
- повышение экологической эффективности деятельности предприятия;
- повышение экономической эффективности деятельности предприятия;
- снижение образования отходов и их переработки;

Перед экологическим менеджментом стоят задачи:

- обоснование экологической политики и обязательств;
- планирование экологической деятельности;
- организация внутренней и внешней экологической деятельности;
- мотивация персонала;
- внутренний экологический мониторинг и экологический контроль;
- анализ и оценка результатов экологической деятельности;
- пересмотр и совершенствование системы экологического менеджмента, механизмов его внедрения.

Представленная работа является обобщением теоретических сведений по экологическому менеджменту, данных о знаниях студентов по этому вопросу и умению применять эти знания. Целью этого проекта также является ознакомление с энергоменеджментом, его основными отраслями работы и возможностями, изучение экологических выгод проектов энергоменеджмента.

Студенты, осведомленные о состоянии окружающей среды, о ее основных проблемах, имеют возможность разрабатывать проекты по предотвращению каких-либо вредоносных действий в отношении экосистем. Также важно таким образом заинтересовать студентов заботиться об окружающей среде. «Осведомлен – значит вооружен».

УДК 621.313

Яримбаш С.Т.

канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

*Яримбаш С.Т.*

## **ОСОБЛИВОСТІ ІНТЕРАКТИВНОГО ВИВЧЕННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ FEMM**

На сучасному етапі у навчальному процесі застосовуються три групи методів навчання: пасивні, активні та інтерактивні.

За пасивними методами навчання, студенти, як об'єкти навчання мають засвоїти та відтворити матеріал навчальної дисципліни, насамперед, за допомогою лекцій, реферування і контролю знань шляхом опитування.

Активні методи навчання надають студентам рис суб'єктів навчання під час виконання творчих завдань у курсовому проектуванні, лабораторних роботах та інших видах навчальної роботи. Застосовуються механізми активної взаємодії студентів і викладача, що дозволяє студентам більш вільно застосовувати набуті знання на практиці, розширює можливості для набуття практичних навичок та вмінь, істотно поліпшує якість вивчення матеріалу навчальної дисципліни.

Проте вказані вище методи не забезпечують вимоги ефективності і якості навчання при викладанні дисциплін, що пов'язані із складними розвиненими програмними засобами математичного моделювання електромагнітних польових процесів в електротехнічних пристроях і електричних машинах. Це обумовлено з одного боку об'єктивними чинниками, а саме, складністю програмного забезпечення, відсутністю попереднього досвіду роботи студентів з аналогічними програмними засобами тощо, з іншого боку, суб'єктивними чинниками, насамперед, англomовним інтерфейсом програмного забезпечення, необхідністю застосовування вбудованих об'єктно-орієнтованих графічних редакторів, робота з якими певним чином відрізняється від загально розповсюджених графічних оболонок, що є інваріантними до будь-якого визначеного об'єкту проектування або дослідження.

Найбільші переваги під час вивчення програмного забезпечення польового моделювання FEMM мають інтерактивні методи, що забезпечують динамічну взаємодію студентів із викладачем, іншими студентами, з навчально-методичним забезпеченням і програмними засобами FEMM. Як характерну перевагу слід визначити, що у викладача не виникає потреби надання готових знань, але він, як організатор, сприяє студентам у самостійному і колективному навчанні.

Під час вивчення ПЗ FEMM студентам пропонується інтерактивний конспект лекцій із вбудованими практичними додатками. До кожної лекції розроблено низку практичних завдань з роботи в середовищі FEMM, що мають послідовно відтворюватися безпосередньо під час роботи з інтерфейсом FEMM за принципами від простого до складного, від узагальненого інваріантного до деталізованого об'єктно-орієнтованого. Для інтенсифікації обміну набутими знаннями і практичними навичками завдання розподіляються таким чином, щоб під наглядом викладача як модератора, помічника і носія знань, в утворених парах студентів послідовно змінювалися ролі суб'єктів навчального процесу. Важливе значення при такому підході відіграють змагальність під час навчального процесу і необхідність колективних зусиль для набуття визначених результатів під час практичної роботи.

На завершальному етапі навчання студенти вже самостійно вирішують складні завдання визначення розрахункової області для електротехнічних і електромеханічних пристроїв, математичної моделі, яка є адекватною до процесів перетворення електричної енергії живлення в енергію електромагнітного поля і в механічну або теплову енергію, ідентифікують параметри і характеристики активних елементів обладнання, стають активними професійними користувачами ПЗ FEMM. Слід також відмітити істотне підвищення мотивації студентів до вивчення дисципліни, об'єктивності самооцінки отриманих знань, навичок та вмінь, прагнення до набуття кращих результатів, стали потребу у подальшому самонавчанні.

УДК 621.313.333

Коцур І.М.

канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

*Коцур І. М.*

## **ОСОБЛИВОСТІ ТЕПЛОВОГО СТАНУ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА З МОДИФІКОВАНОЮ СИСТЕМОЮ ІМПУЛЬСНОГО КЕРУВАННЯ В ПОВТОРНО КОРОТКОЧАСНИХ РЕЖИМАХ РОБОТИ**

Для цілого ряду промислових механізмів, зокрема кранового й металургійного устаткування, у процесі виконання виробничого циклу потрібне здійснення плавного пуску й гальмування, а також забезпечення стабільної роботи механізму на знижених швидкостях. У цих механізмах використовується асинхронний електропривод на базі асинхронного двигуна (АД) з фазним ротором металургійних і кранових серій, що працює в інтенсивних повторно-короткочасних режимах (S3 і ін.). Ці режими породжують різноманіття теплових станів АД, які визначаються різними характеристиками (тривалістю включення, тривалістю циклу та ін.). Необхідно відзначити, що реальний експлуатаційний режим асинхронного електропривода суттєво відрізняється



від умовних стандартизованих повторно – короточасних режимів із тривалістю циклу 10 хв. (6 включень у годину). Висока частота включень впливає на тепловий стан і експлуатаційну надійність АД. При цьому, при заданій діаграмі навантажень найбільший вплив на тепловий стан виявляють тривалість включення (ПВ) і тривалість циклу. Крім того, з одного боку, необхідно забезпечити повне використання двигуна по теплових режимах, а з іншого захистити двигун від перевантаження.

Дослідження показало, що збільшення тривалості циклу й ковзання при роботі АД з імпульсним керуванням у повторно-короточасному режимі роботи S3 приводить до істотного росту температури АД. У зв'язку із цим, була виконана оцінка ресурсу найбільш уразливої міжфазної ізоляції обмотки статора, яка показала найбільше зниження її ресурсу для ПВ=0.15 в 12 разів – при номінальному ковзанні  $s=0.1$ , і в 50 разів – при  $s=0.9$ .

З метою підвищення експлуатаційної надійності й підтримки номінального ресурсу АД були визначені коефіцієнти корекції струмового навантаження обмотки статора АД МТФ-111-6 з Ірм, що працює в повторно-короточасному режимі S3 для стандартних ПВ у широкому діапазоні зміни тривалості циклу роботи механізму.

УДК 621.313

Попова Т.В.<sup>1</sup>, Попов С.М.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> доц. ЗНТУ

<sup>2</sup> канд. техн. наук., проф. ЗНТУ

*Попова Т.В., Попов С.М.*

### **СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ РОЗРАХУНКУ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ІНДУКТИВНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ АПАРАТІВ**

Розвиток світових ринків зварювального устаткування (Росія, Китай, США, ФРН, Великобританія, Франція, Україна та ін.) обумовлює жорстку конкуренцію, забезпечуючи просування виробів з мінімальною собівартістю, а також найменшою сумою початкових капітальних вкладень з урахуванням нормативних коефіцієнтів по амортизації і запланованих витрат на експлуатацію. Завдання аналітичної оптимізації є досить складною і трудомісткою задачею, тому раніше при її вирішенні не було можливим враховувати ряд важливих факторів, не пов'язаних простою аналітичною залежністю, яка б визначала цінову оцінку залежно від технологічності, надійності, стійкості при коротких замиканнях, навантажувальної спроможності та інших факторів.

Створення системного підходу передбачає розробку системного багатофакторного методу оптимізації індуктивних електричних апаратів, який був би зручний у використанні, і давав би більш точні результати в порівнян-

ні з існуючими аналітичними розрахунками і методиками, що базуються на переборі існуючих варіантів.

Рішення (1), в якому мінімізується маса міді апарата при заданій щільності струму і індуктивному опорі:

$$M(J_0, X) = \text{Minimiz}(G_{Cu}, D, h, a) \quad (1)$$

Запропоновано системний багатофакторний метод чисельної оптимізації масогабаритних і електричних параметрів індуктивних електричних апаратів, в основу якого покладена модернізована цільова функція.

Аналіз результатів досліджень показав, що для вибору оптимальних параметрів трифазного індуктивного електричного апарата не доцільно використовувати напівемпіричні коефіцієнти, що призводить до додаткової витрати активних матеріалів.

Отримано залежності маси сталі ярем і міді обмотки, а також середнього діаметра, висоти і радіального розміру обмотки від омичних втрат у них і нормованої індуктивності, що дозволяють отримати оптимальні співвідношення масогабаритних і електричних показників в індуктивному електричному апараті.

УДК 621.365

Андрієнко О.М.

канд. техн. наук, проф. ЗНТУ

*Андрієнко О.М.*

## **ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОБМЕЖЕННЯ ОДНОФАЗНОГО СТРУМУ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ ЗА РАХУНОК ЗАСТОСУВАННЯ ЗАХИСНОГО ПРИСТРОЮ В НЕЙТРАЛІ ВИСОКОВОЛЬТНОЇ ОБМОТКИ ТРАНСФОРМАТОРА**

Однією з основних причин перерв електропостачання споживачів різних рівнів є пошкодження ліній електропередачі. Згідно статистики пошкоджень мереж електропередачі близько 70% становлять однофазні короткі замикання, 20% двофазні або двофазні на землю, 10% – трифазні, тому особлива увага приділяється обмеженню однофазних струмів, як найбільш вірогідних. У зв'язку з цим метою дослідження є розробка та аналіз роботи надійного захисного пристрою обмоток високовольтного автотрансформатора від струмів однофазного короткого замикання.

У процесі розробки схеми захисного пристрою був розглянутий і проаналізований існуючий пристрій [1].

Позитивним чинником пропонованого пристрою [2] є достатня ефективність обмеження тільки внутрішніх перенапруг в результаті функціональних взаємодій між високовольтною і низьковольтними обмотками трансформатора.

За допомогою запропонованих ланцюгів забезпечуються керування і обмеження однофазних струмів короткого замикання при відключених комутаційних апаратах в момент відсутності внутрішніх перенапруг, що забезпечують збільшення опору послідовно з'єднаних обмоток струмообмежувального реактора в нейтралі високовольтних обмоток автотрансформатора.

З метою підвищення ефективності обмеження внутрішніх перенапруг при допустимій величині однофазного струму короткого замикання можливе безпосереднє заземлення нейтралі вказаних обмоток замиканням роз'єднувача, що виключає роботу пристроїв релейного захисту, і отже при відключеному комутаційному апараті зберігаються паралельно з'єднані активний опір і конденсатор між розімкненими виводами обмотки.

Запропонований пристрій зберігає необхідні параметри якості електричної енергії, необхідну точність вимірювань приладами контролю, а отже надійність роботи релейного захисту, автоматики і телемеханіки з ефективним використанням силових ланцюгів як каналів зв'язку, а також скорочує додаткові втрати електричної енергії при її транспортуванні по лініях електропередачі і використанні для власних потреб на підстанціях, підвищує надійність експлуатації електричних мереж і подовжує терміни експлуатації електричного обладнання.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Пат. №19274 Україна, МПК H02H7/04, 9/00, 9/04. Пристрій для обмеження струмів короткого замикання і перенапруг [Текст] / О.М. Андрієнко, Д.В. Журавльов, А.І. Назаров. опубл. 15.12.2006, Бюл. №12 – 3 с.:іл.

2. Пат. №39306 Україна, МПК H02H9/00. Пристрій для обмеження однофазного струму короткого замикання в нейтралі високовольтної обмотки автотрансформатора [Текст] / О.М. Андрієнко, М.В. Вишневський; опубл. 25.02.2009, Бюл. №4 – 4 с.

УДК 621.316

Пачколін Ю.Е.

канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

*Пачколін Ю.Е.*

## РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ЕКОНОМІЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ШЛЯХІВ ЇЇ РЕАЛІЗАЦІЇ

На сьогодні ситуація зі споживанням електроенергії, що склалася в країні, свідчить про те, що прийняття відповідних законів само по собі не вирішує проблему зменшення енерговитрат. На сьогодні частка витрат на енергоносії в собівартості промислової продукції досягає в середньому по Україні до 50%, а в електрометалургії – навіть до 70% і на превеликий жаль витрати електроенергії постійно зростають. Зважаючи на те, що електроенергія є

енергоносієм з особливими властивостями, її не можна зберігати «про запас», а тому необхідно постійно підтримувати баланс між виробництвом і споживанням. А якщо взяти до уваги неритмічну і неповноцінну роботу більшості підприємств, що пояснюється частими зупинками та запусками устаткування через економічну кризу, то на покращення стану справ зі споживанням електроенергії без прискорення розробки конкретних заходів з економії електроенергії та визначення шляхів їх реалізації сподіватися немає підстав.

Так, наприклад, коефіцієнт корисної дії (ККД) теплоелектростанцій (ТЕС) складає всього 40% і якщо врахувати екологічні проблеми, що виникають при її виробництві, стає зрозумілою актуальність та невідкладність пошуку можливих шляхів економії електроенергії.

При класифікації втрат електроенергії необхідно використовувати принцип розподілу втрат на технічно-вимушені, які ліквідувати неможливо, але можна впливати на їх зменшення, та нераціональні (марнотратні), для ліквідації яких необхідно застосовувати важелі організаційно-технічного характеру.

Запропоновані основні можливі напрямки розробки заходів з економії електроенергії під час експлуатації промислового електроустаткування загального призначення з урахуванням конкретних умов виробництва, а також побутових електроприладів, наведені приклади їх впровадження, надані рекомендації щодо визначення ефективності та наведена орієнтовна модель розробки інвестиційного проекту з економії електроенергії.

Для більшої цілеспрямованості та конкретизації розробки заходів з економії електроенергії все існуюче устаткування умовно поділене на групи, які мають спільні характерні експлуатаційні особливості енергоспоживання та резерви економії електроенергії та надана необхідна інформація щодо устрою наведених різновидів устаткування. Перша найпоширеніша – електричне освітлення; друга – металообробне устаткування; третя – електротермічні установки для нагрівання та розплавлення металу; четверта – вентиляційні та компресорні установки; п'ята – насосні установки; шоста – вантажопідйомне та транспортне устаткування; сьома – побутові електроприлади.

УДК 621.313.21

Левенков І.В.

асист. ЗНТУ

*Левенков І.В.*

## **ВПЛИВ МАГНІТНИХ ПОЛІВ ЗУБЦІВ НА АКУСТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА**

При обертанні ротора асинхронної машини, його зубці переміщуються відносно нерухомих зубців статора, внаслідок чого в повітряному зазорі виникають пульсації магнітного потоку. Ці пульсації потоку викликають різкі

періодичні зміни величини магнітної індукції в зубцях статора і ротора. Завдяки періодичній зміні об'ємних розмірів зубців, яка викликана зміною магнітної індукції в зубцях (магнітострикційні явища), може виникнути шум або гудіння асинхронних двигунів. Цей шум, головним чином, викликається надмірним магнітним насиченням зубців двигунів і може бути ослаблений при зменшенні магнітного насичення.

Шум може бути також викликаний радіальною і тангенціальною вібрацією зубців статора і ротора. Особливо різкі тангенціальні коливання зубців виникають при появі «синхронних» моментів, викликаних зубцевими гармоніками. Тому слід при проектуванні асинхронної машини уникати таких співвідношень між числом зубців статора  $z_1$  і ротора  $z_2$ , при яких виходить  $z_1 = z_2$ ,  $z_1 - z_2 = \pm 2p$  або  $z_1 - z_2 = \pm p$ .

Є ще інша причина шуму – це радіальні сили, які викликають одностороннє тяжіння ротора до статора, що може послужити причиною сильних вібрацій ротора і шуму двигуна. Про існування односторонніх радіальних сил тяжіння, які діють на ротор, можна отримати уявлення на підставі, коли статор має число зубців  $z_1 = 4$  і ротор з  $z_2 = 25$ . За таких умов, коли два зубці ротора та статора збігаються осями, з'явиться найбільша сила тяжіння між ними. Внаслідок цього виникає одностороннє радіальне тяжіння ротора до статора. При обертанні ротора напрям цієї радіальної сили буде також змінюватися, що викличе механічні вібрації всього тіла ротора і як наслідок – шум машини. Якщо швидкість обертання в просторі радіальної сили така, що вона потрапляє в резонанс з власними пружними коливаннями вала ротора, можуть виникнути настільки сильні вібрації ротора, що останній почне зачіпати залізо статора, що зробить роботу двигуна неможливою. Тому при проектуванні асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором слід уникати таких чисел зубців в роторі, при яких виходить  $z_2 - z_1 = \pm 1$ . Однак з точки зору можливості вібрації ротора і шуму є також небезпечними й інші співвідношення зубців статора та ротора, при яких  $z_1 - z_2 = \pm 2$  або  $z_1 - z_2 = \pm 3$ . При  $z_1 - z_2 = \pm 2$  виникають в зазорі дві зони радіальних сил, а при  $z_1 - z_2 = \pm 3$  з'являється три зони радіальних сил. Радіальні сили які виникають при несприятливому поєднанні зубців статора і ротора піддають періодичній деформації не тільки залізо ротора, але і залізо статора двигуна, причому особливо сильними ці деформації виходять при  $z_1 - z_2 = \pm 1$  або  $z_1 - z_2 = \pm 2$ .

Досвід показує, що двигуни «шумлять» також у тому разі, коли в статорі обмотка виконана з дробним числом пазів на полюс і або коли біляча обмотка ротора має непарне число проводів  $z_2$ . Тому при проектуванні двигуна слід брати в короткозамкненому роторі  $z_2$  – парне, а також уникати в статорі дробних значень  $q_1$ .

*Лапкіна С.О.*

**ВИЗНАЧЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ЗВ'ЯЗКІВ  
ПОТОКОЗЧЕПЛЕНЬ ОБМОТОК ЗІ СТРУМАМИ СИЛОВОГО  
ТРАНСФОРМАТОРА ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМНОГО  
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ FEMM**

Для аналізу режимів роботи електротехнічних пристроїв та енергетичних систем доцільне використання математичного моделювання. Запровадження сучасних інженерних пакетів, таких як MathCAD, Elcut, Femm (Finite Element Method Magnetics) у навчальний процес є перспективним напрямком розвитку для розв'язання задач електромеханіки.

Для дослідження розподілення магнітного поля була розроблена модель силового трифазного двообмоткового трансформатора ТМ-2500/10, з стрижньовою магнітною системою. Модель трансформатора була створена за даними попереднього розрахунку у програмному забезпеченні MathCAD. Після чого розв'язана за допомогою програми Femm, яка розв'язує задачі магнітостатики на основі використання векторного магнітного потенціалу (1):

$$B = \nabla \times A, \nabla \times \left( \frac{1}{\mu(B)} \times A \right) = J \quad (1)$$

Розрахована картина магнітного поля даним методом дає можливість швидко визначити низку електромагнітних параметрів трансформатора, а також отримати картину розподілу магнітної індукції у магнітній системі трансформатора. Середні значення магнітної індукції у стрижні та ярмі магнітопроводу за класичним розрахунком складає відповідно  $B_c = 1.606$  Тл,  $B_y = 1.56$  Тл; за чисельним МКЕ (метод кінцевих елементів)  $B_c = 1.602$  Тл,  $B_y = 1.577$  Тл. Femm дозволяє визначити потокозчеплення потоку з обмотками (Flux Linkage), а також магнітний потік, нормального контуру (Normal flux). Так розраховане аналітично значення потоку у ярмі дорівнює  $\Phi_y = 0.44$  Вб, за допомогою програми Femm:  $\Phi_y = 0.4537$ . Таким чином, похибка розрахунків складає до 5%.

Отже, використання програм інженерного аналізу допомагає скоротити цикл розробки, знизити вартість виробів і підвищити якість продукції. У зв'язку з цим одним з найбільш актуальних завдань вищої школи є підготовка фахівців, які володіють сучасними програмними комплексами інженерного аналізу.

## **ОБҐРУНТУВАННЯ СХЕМИ ЗАМІЩЕННЯ ОБМОТКИ ТРАНСФОРМАТОРА З ІЗОЛЬОВАНОЮ ТА ЗАЗЕМЛЕНОЮ НЕЙТРАЛІЮ ПРИ ПЕРЕНАПРУГАХ**

Представлено аналіз процесів падіння хвилі перенапруги з лінії на обмотку трансформатора при заземленій та ізольованій нейтралі.

Процес падіння хвилі перенапруги з лінії на обмотку трансформатора досить складний, оскільки котушка трансформатора не може бути представлена тільки індуктивним елементом на схемі заміщення. Спостережені в експлуатації пошкодження ізоляції (наприклад пошкодження виткової ізоляції поблизу лінійного уводу) можна пояснити на основі аналізу процесів та схем заміщення обмотки у початковий та проміжні моменти часу.

У початковий момент часу (після подвоєння напруги падаючої хвилі  $U_0$  на вході обмотки) можна розглянути спрощену схему заміщення, в якій замість індуктивних елементів у відповідності з законами комутації є розриви, а увесь розподіл напруги визначається ємнісними елементами.

Схема заміщення для випадків ізольованої або заземленої нейтралі різниться тільки невеликим ємнісним елементом в кінці ланцюгової схеми. Так як довжина цього елемента досить мала, його вплив на розподіл напруги у залишившийся частині схеми незначний.

Закінчення перехідного процесу включення ланцюга під постійну напругу визначається резистивними елементами, індуктивні при цьому представляють собою просто закоротки. При заземленій нейтралі це призводить до лінійного зниження напруги при переході до кінця обмотки; при ізольованій нейтралі напруга на всій обмотці постійна.

Аналіз процесу для проміжних моментів часу показує, що відбуваються коливання напруги на головній ізоляції обмотки, причому максимум напруги може досягати  $2U_0$ , й цей максимум знаходиться недалеко від уводу для заземленої нейтралі або на кінці обмотки при ізольованій нейтралі. Перенапруги на головній та витковій ізоляції істотно зменшуються при зниженні крутизни фронту імпульсу перенапруги.

*Дівчук Т.Є.*

## **РОЗПОДІЛЕННЯ МАГНІТНИХ ПОТОКІВ СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ**

Електромагнітний розрахунок трансформатора проводиться досить умовно, так як він виконується для всієї системи загалом, а це не дає повної картини розподілу магнітного потоку. Магнітна система складається з  $n$ -ної кількості пакетів і кожен пакет являє собою окрему систему зі своїми втратами. У всіх розрахунках це нехтується і умовно вважається, що магнітна система однорідна і магнітний потік розподілений в ньому рівномірно по всьому перетину. Наприкінці розрахунку це відбивається на вхідних даних. Тому важливо знати наскільки і як відрізняється крива намагнічування розрахована для всієї системи в цілому і по пакетах. Точний розподіл магнітного потоку по пакетах дозволяє уточнити веберамперну характеристику трансформатора. Особливе значення це має при розгляді перехідних процесів так як при їх розгляді визначається динамічна магнітна проникність.

Під веберамперною характеристикою будемо розуміти залежність потоку  $\Phi$  по якійсь ділянці магнітного ланцюга від падіння магнітної напруги на цій ділянці. Веберамперні характеристики при розрахунках магнітних кіл в готовому вигляді не задаються. Перед розрахунком їх треба побудувати за допомогою кривих намагнічування феромагнітних матеріалів, що входять до магнітного ланцюга.

Побудова веберамперних характеристик проводиться наступним чином. Задаємося рядом значень індукції  $B$ , наприклад, для електротехнічних сталей значеннями  $(0,5,8,10,11,12,13,14,15) \cdot 10^{-5} \text{ Вб/см}^2$  і для кожного значення  $B$  знаходимо напруженості поля на всіх ділянках ( $I_1$ ,  $I_2$  і  $\delta$ ).

Було проведено дослідження веберамперних характеристик, яке показало, що веберамперна характеристика, яка розрахована для всієї магнітної системи відрізняється за показником  $B \cdot S$  на 7–8% від характеристики для магнітної системи, розрахованої по пакетах окремо. Фактично, розраховуючи веберамперну характеристику для всієї системи, робиться запас на динамічну магнітну проникненість. Отже, свідомо змінюємо точність перехідних процесів і величин, пов'язаних з ним, також  $P_{\text{х.х}}$  постійно виходять більшими, ніж при більш точному по пакетному розрахунку.



## **РЕАЛІЗАЦІЯ ЧИСЕЛЬНИХ МЕТОДІВ ІНТЕГРУВАННЯ В СИСТЕМІ SMATH STUDIO**

SMath Studio – система комп’ютерної алгебри із класу систем автоматизованого проектування, яку орієнтовано на підготовку інтерактивних документів з обчисленнями й візуальним супроводом. Вона відрізняється легкістю використання й застосування для колективної роботи.

Для уводу формул и даних можна користуватись як клавіатурою, так і спеціальними панелями інструментів. Робота виконується в межах робочого листа, де рівняння та вирази відображаються графічно в протиставу текстовим записам на мовах програмування.

Програма дозволяє виконувати численні та символічні розрахунки, проводити операції із скалярними величинами, векторами та матрицями, автоматично переводити одні одиниці вимірювання в інші.

За допомогою SMath Studio можна виконувати рішення диференціальних рівнянь, в тому числі й чисельними методами; побудову дво- та тривимірних графіків функцій (в різних системах координат, контурні, векторні и т.д.); користуватись грецьким алфавітом як в рівняннях, так і в тексті; проводити апроксимацію кривих; виконувати підпрограми; шукати корені багаточленів и функцій; проводити статистичні розрахунки и роботу с розподілом ймовірностей; проводити інтеграцію із системами автоматизованого проектування, використовувати результати розрахунків в виді параметрів керування.

Вирішуючи фізичні задачі, часто доводиться обчислювати значення певних інтегралів від функцій. У багатьох випадках, коли підінтегральну функцію задано в аналітичному виді, певний інтеграл обчислюється безпосередньо за допомогою невизначеного інтеграла (вірніше, первісної) по формулі Ньютона-Лейбніца.

Однак на практиці цією формулою не часто користуються по двом причинам: або вид функції не допускає безпосереднього інтегрування (тобто первісну не можна виразити в елементарних функціях), або значення функції задано на фіксованій кінцевій множині крапок.

У цих випадках використовуються наближені методи інтегрування. Вони засновані на апроксимації підінтегральної функції деякими більш простими вираженнями, наприклад багаточленами. Всі ці розрахунки можна виконати в SMath Studio.

Отже, не зважаючи на те, що програму в основному орієнтовано на користувачів-непрограмістів, її також можна використовувати в складних проє-

ктах для візуалізації результатів математичного моделювання шляхом використання розподілених обчислень і традиційних мов програмування.

Для множини користувачів буде цілком достатньо тих можливостей, які пропонує програма. Більше того, для таких користувачів, як, наприклад, студенти SMath Studio навіть більш кращий програмний продукт, ніж MathCAD у силу своєї безкоштовності та простоти освоєння й використання.

УДК 621.313

Шлянін Т.П.

старш. викл. ЗНТУ

*Шлянін Т.П.*

## **МЕТОДИ ПОБУДОВИ ДВОХ- І ТРИВИМІРНОЇ ГРАФІКИ В SMATH STUDIO**

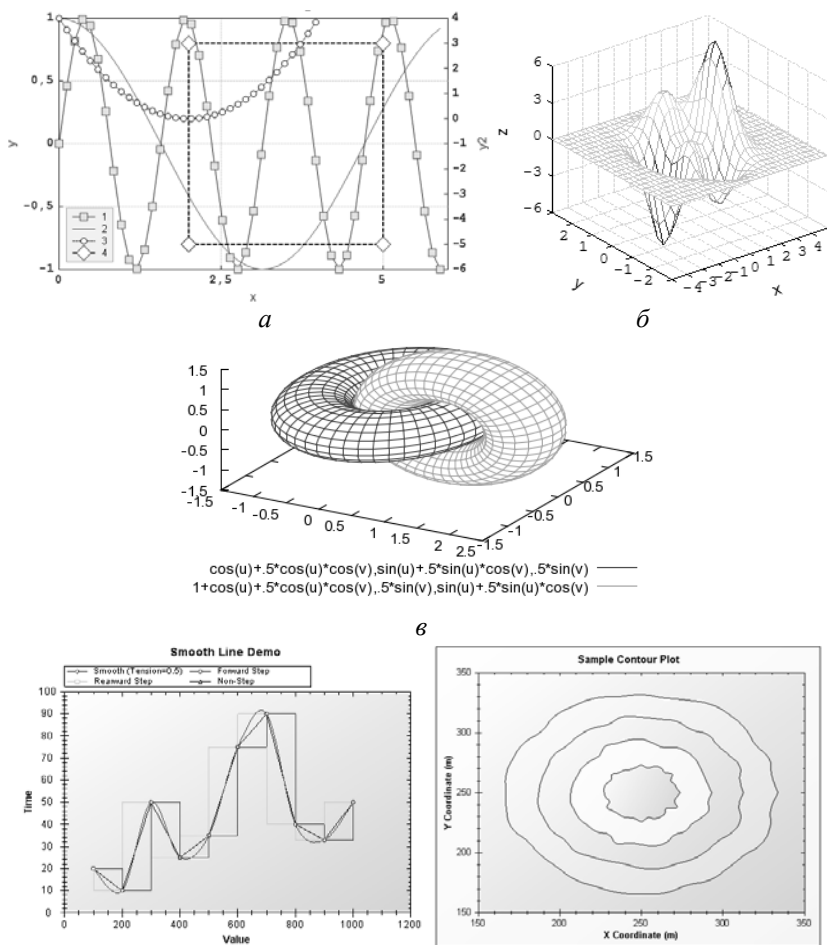
Smath Studio належить до систем комп'ютерної алгебри, тобто засобів автоматизації математичних розрахунків. У цьому класі програмного забезпечення існує багато аналогів різної спрямованості й принципу побудови. Найбільше часто Smath Studio порівнюють із такими програмними комплексами, як Mathcad, Maple, Mathematica, MATLAB, а також з їхніми аналогами Murad, Scilab, Maxima і інші. Втім, об'єктивне порівняння ускладнюється у зв'язку з різним призначенням програм і ідеологією їх використання.

Smath Studio – це дуже гнучкий в плані підтримуваних платформ додаток. Він може використовуватися, як під Windows, так і під Linux; на настільному комп'ютері, ноутбукі і навіть на КПК. Фактично, перед нами безкоштовний аналог такого відомого математичного пакета, як Mathcad. Як і Mathcad, Smath Studio максимально наближений до звичайного математичного запису формул, а також можливістю виконання як символьних, так і чисельних операцій. Звичайно, було б наївно очікувати від Smath Studio тих же можливостей, які надає не найдешевший пакет Mathcad.

Варто сказати про побудову графіків у Smath Studio. Виглядають вони в програмі, звичайно, не так красиво, як у спеціальних пакетах для побудови графіків і візуалізації даних. Більш істотний мінус полягає в тому, що їх не можна масштабувати скролінгом миші й що при наявності непереборних крапок розриву у функції графік обривається в значному видаленні від цих крапок. Якщо перше не так уже, у цілому, і критично, то що стосується другого пункту, все-таки хотілося б мати налаштування, що дозволяють якось вплинути на побудову графіків.

Вирішує проблему можливість підключення доповнень Smath Studio новими можливостями за допомогою спеціалізованих пакетів розширень і бібліотек, які поповнюють систему додатковими функціями й константами для розв'язку спеціалізованих задач.

В роботі розглянуто методи побудови двох- і тривимірної графіки в Smath Studio за допомогою доповнень: X-Y Plot Region, 3DPlot Region, Gnuplot plugin (Maxima), ZedGraph Region (рис.1) та ін.



а – X-Y Plot Region; б – 3DPlot Region;  
в – Gnuplot plugin (Maxima); г – ZedGraph Region.  
**Рисунок 1** – Приклади використання доповнень

Мало які математичні пакети можуть похвалитися одночасно й безкоштовністю, і мультимедійним інтерфейсом, і підтримкою різних платформ. Саме

тому Smath Studio буде цікавий для більшості потенційних користувачів, у тому числі студентів.

УДК 621.313

Ткаченко О.С.

студ. гр. Е-210 ЗНТУ

*Ткаченко О.С.*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ МАГНІТНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ХОЛОДНОКАТАНОЇ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОЇ СТАЛІ МАРКИ 3409 ДЛЯ ПРОСТОРОВИХ МАГНІТНИХ СИСТЕМ В ТРАНСФОРМАТОРАХ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**

У зв'язку з різким подорожчанням енергетичних ресурсів проявляється тенденція істотного підвищення вартості втрат електричної енергії в електроперетворювальних пристроях.

Вироби працюють в змінних магнітних полях, тому в них індукуються вихрові струми. Крім того, вони піддаються швидкому перемагнічуванню. Втрати потужності на збудження вихрових струмів і на перемагнічування знижують ККД машин і тому повинні бути зведені до мінімуму. Однією з основних вимог, що пред'являється до властивостей електротехнічної сталі, є мінімальна величина суми цих втрат, віднесена до одиниці маси електротехнічної сталі. Ці втрати вимірюють у Вт/кг і їх називають питомими.

Величина питомих втрат визначається, як якістю електротехнічної сталі, так і конструкцією і технологією виготовлення виробів з неї. Наприклад, сила вихрових струмів в осердях трансформаторів і, отже, потужність втрат визначаються електричним опором матеріалу і площею поперечного перерізу пакетів, з яких набране осердя, і чим більше електроопір і менше товщина листів, тим менше питомі втрати. Втрати на перемагнічування визначаються шириною петлі гістерезиса: чим вужче петля гістерезиса і менше коерцитивна сила, тим менше питомі втрати потужності, що втрачається на перемагнічування. Ширина петлі гістерезиса і коерцитивна сила залежать від складу електротехнічної сталі.

У сучасному трансформаторобудуванні головним чином прагнуть зменшити втрати неробочого ходу. Втрати в сталі складаються в основному з втрат на нагрівання осердя, на гістерезис і вихрові струми. Для зниження втрат у магнітопроводі трансформатора, він може виготовлятися зі спеціальних сортів трансформаторної сталі з додаванням кремнію, який підвищує питомий опір заліза електричному струму, а самі пластини лакуються для ізоляції одна від іншої.

Особливо зростає вартість втрат неробочого ходу. Цей фактор обумовлює необхідність вдосконалення властивостей електротехнічних сталей (ЕТС) і конструкцій магнітних систем (МС) трансформаторів.

Зменшення втрат неробочого ходу трансформатора можна досягти застосуванням більш сучасних сортів сталі з поліпшеними магнітними властивостями. Під поліпшеними магнітними властивостями мається на увазі сталь яка володіє низькими питомими втратами і низькими витратами енергії на намагнічування.

Для більш наочного визначення втрат в просторовій магнітній системі був виконаний аналіз змін питомих втрат в сталі марок 3405 і 3409 товщиною 0,3 і 0,35 мм, при зміні індукції від 1,6 до 1,72 Тл.

В даний час широко використовуються марки сталей 3406, 3407, 3408, і починається освоєння сталі марки 3409. Використання сталі марки 3409 в трансформаторобудування в наш час досить дороге, тому його застосовують в просторових магнітних системах трансформаторів.

УДК 621.313

Хіміч С.А.

студ. гр. Е-210 ЗНТУ

*Хіміч С.А.*

### **ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАЛЕЛЬНОЇ РОБОТИ ТРАНСФОРМАТОРІВ ПРИ РІЗНИХ КОЕФІЦІЕНТАХ ТРАНСФОРМАЦІЇ**

Трансформатори включають на паралельну роботу з метою забезпечення резерву і підвищення надійності енергопостачання користувачів.

При малому навантаженні потужний трансформатор має великі втрати неробочого ходу. Якщо на місце одного трансформатора, який було розраховано на максимальну потужність навантаження, встановити два або більше трансформаторів з такою ж сумарною потужністю, то при малих навантаженнях частину паралельно працюючих трансформаторів можна відключити з метою зменшення втрат електроенергії і збільшити ККД системи енергопостачання.

Однією з головних умов паралельної роботи трансформаторів є рівність напруг первинних і вторинних обмоток, а отже, і однаковий для всіх трансформаторів коефіцієнт трансформації.

Включення на паралельну роботу трансформаторів з неоднаковими напругами обмоток частіше за все має місце при включенні трансформаторів після ремонту обмоток, внаслідок помилки кількості витків. Якщо не домотати або перемотати деяку кількість витків, не буде виконуватися рівних напруг паралельно працюючих трансформаторів.

При включенні на паралельну роботу трансформаторів з різними коефіцієнтами трансформації, напруги на їх вторинних обмотках будуть різними. Різність напруг викликає проходження зрівнювального струму.

Зрівнювальні струми навантажують обмотки трансформаторів, збільшують втрати енергії і знижують загальну потужність підстанції, тому їх виникнення неприпустимо. В зв'язку з цим згідно ГОСТ 11677-85 у трансформаторах, які вмикаються на паралельну роботу, коефіцієнти трансформації не повинні відрізнятись більше ніж на 0,5% від їх середнього значення і не більше 1% для трансформаторів з коефіцієнтом трансформації  $k > 3$ .

Під час роботи трансформаторів зрівнювальний струм накладається на струм навантаження і перевантажує обмотки. Тому перевантаження трансформаторів є неприпустимим, доводиться знижувати загальне навантаження. При значній різниці коефіцієнтів трансформації нормальна робота трансформаторів стає практично неможливою.

УДК 621.313

Власик В.О.

студ. гр. Е-219 ЗНТУ

*Власик В.О.*

## **СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ СУШІННЯ АКТИВНОЇ ЧАСТИНИ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА**

Одним з важливих процесів у виробництві трансформаторів є ефективне видалення вологи з целюлозної ізоляції. Якість сушки ізоляційного матеріалу впливає на параметри діелектрика і визначає надійність трансформатора.

Процес сушки ізоляції трансформаторів полягає в штучному створенні умов, при яких волога переміщається із внутрішніх шарів ізоляції до поверхні, а з поверхні у навколишнє середовище.

Переміщення вологи усередині матеріалу відбувається відповідно до фізичних законів від вологіших шарів до менш вологих і від більш нагрітих до менш нагрітих. Переміщення вологи з поверхні ізоляції в навколишнє середовище відбувається під дією різниці тисків пари на поверхні ізоляційного матеріалу і в навколишньому просторі.

Таким чином, в процесі сушки необхідно підвищувати тиск пари у поверхні матеріалу, що досягається його нагрівом, і знижувати тиск в навколишньому просторі за допомогою створення вакууму або вентиляції просушуваного простору сухим повітрям.

При сушці ізоляції сухим повітрям активну частину трансформатора поміщають в добре утеплену і захищену зсередини від займання камеру.

Сухе повітря в камеру подається від повітродувки і видаляється через витяжний отвір, виносячи з собою пари води.

Сушка трансформатора методом нагріву від індукційних втрат в сталевому корпусі бака полягає в тому, що при проходженні змінного струму по тимчасовій обмотці, накладеній на поверхню бака, утворюється сильне магнітне поле, яке, проходячи через сталь корпусу бака, нагріває його.

Сушка трансформатора низькочастотним струмом полягає в тому, що на високовольтну обмотку подають струм низької частоти малої напруги, при цьому низьковольтні обмотки замикаються накоротко. В процесі високовольтні і низьковольтні обмотки нагріваються до типової температури сушки 110–120°C.

Сушка парами теплоносія є самим швидким та якісним методом. Прискорення сушки обумовлено значно більшим потоком енергії, яка передається парами сольвенту при конденсації на поверхні активної частини, ніж при теплопередачі від нагрітих стінок шафи.

Сушку можна вважати закінченою, якщо опір обмотки трансформатора упродовж 6 годин залишається без зміни. Після закінчення сушки температуру усередині бака знижують до 80 °C і трансформатор заливають сухим маслом під вакуумом.

УДК 621.313

Дворніченко Е.К.

студ. гр. Е-210 ЗНТУ

*Дворніченко Е.К.*

## **АЛЮМІНІЙ ПРОТИ МІДІ В ТРАНСФОРМАТОРАХ**

Поширені причини вибору матеріалу обмоток для низьковольтних сухих силових трансформаторів.

Дійсні окінцювання виводів належним чином – більш складне завдання для намотаних алюмінієм трансформаторів; трансформатори з алюмінієвими обмотками важать легше, ніж аналогічні з мідними обмотками.

Недійсні: кінцеві укладання намотаних алюмінієм трансформаторів несутісні з мідною лінією і силовими кабелями; з'єднання з лінією і навантаженням трансформаторів з мідними обмотками більш надійні, ніж у трансформаторів з алюмінієвими обмотками; намотані міддю обмотки низької напруги трансформаторів краще підходять для «ударних» навантажень, тому що у міді більш висока міцність на розтяг ніж в алюмінію; трансформатори з алюмінієвими обмотками мають більш високі втрати, ніж аналогічні з мідними

обмотками, трансформатори з алюмінієвими обмотками більше гріються, тому що мідь має кращу теплопровідність, ніж алюміній.

Більшість аргументів на користь міді було засновано на теоріях, які практично не уявляють з себе щось істотне. Але алюміній має достатньо переваг, щоб використовувати саме його.

Один з аргументів фокусується на різних методах виконання мідних і алюмінієвих сполук. Внутрішні з'єднання обмоток трансформатора, виконані міддю, як правило, паяні, тоді як же з'єднання алюмінію зварюються з використанням інертного газу. Технічно, метод пайки зменшує провідність. Зварювання алюмінію в інертному газі дає суцільний алюміній, з'єднаний без втрати провідності. Крім того, деякі стверджують, що протягом довгого часу мідний окис продовжує формуватися, відшаровуючи зовнішню мідь і в кінцевому рахунку пошкоджуючи весь провідник. З іншого боку, алюмінієвий окис формує стійке, захисне покриття на відкритих металевих поверхнях, перешкоджаючи окисленню вже через кілька мільйонних часток сантиметра. Так, можливі певні проблеми при експлуатації трансформатора в корозійних атмосферних або екстремальних навантажувальних умовах. Однак, середньостатистичний споживач не повинен бути занадто стурбований цими теоретичними міркуваннями, тому що і у трансформаторів з мідними і алюмінієвими обмотками є відмінний послужний список довгих років практичного застосування.

Єдина поважна причина, щоб віддати перевагу мідь алюмінію – обмеженість простору. Незаперечний факт – намотаний міддю трансформатор може бути меншого розміру ніж намотаний алюмінієм. Головним чином, трансформатори з відкритим ярмом і обмотками купують великі збирачі, для того щоб помістити в їх власні пристрої, в інтересах економії простору. Більшість закритих трансформаторів загального призначення продаються в корпусах однакових розмірів як для алюмінію так і для міді, так що навіть ця невелика перевага міді не реалізується.

Таким чином вибір між обмотками трансформатора з алюмінію або міді зводиться до особистих вподобань. Висока ціна на мідь часто вимагає виправданості вибору, але ці аргументи були спростовані. По правді кажучи, досвід роботи в галузі просто не підтримує жодну з них. Найбільш часто з'являються причини вибору міді в порівнянні з алюмінієм. Попит на сухі трансформатори з алюмінієвими низьковольтними обмотками, ймовірно, буде зростати через їх істотної переваги за вартістю перед міддю. Як деякі з старих міфів зникають через приголомшених успіхів алюмінію, так все більше користувачів віддають перевагу заплатити менші гроші, при відносно невеликому докладанню уваги до деталей, необхідним для виконання надійних з'єднань.



УДК 621.313

Гаркуша О.О.

студ. гр. Е-210 ЗНТУ

*Гаркуша О.О.*

## **АНАЛІЗ МЕТОДІВ ДІАГНОСТУВАННЯ ВИТКОВИХ ЗАМИКАНЬ В ОБМОТЦІ СТАТОРА АСИНХРОННОГО ДВИГУНА**

Застосування асинхронного електродвигуна (АД) в різних галузях виробництва виправдано насамперед простотою його виготовлення та експлуатації, в порівнянні з іншими приводами. Така статистика стверджує, що частка АД в загальному парку машин становить близько 90% , а за встановленою потужністю близько 50%. Тому відмова асинхронного двигуна може привести до порушення технологічного процесу з подальшим браком продукції, витратами на відновлення і ремонт електроприводу, а так само на відновлення нормальних технологічних процесів. Пошкодження двигунів власних потреб електростанцій може привести до зупинки блоку і тим самим вплинути на стійкість роботи енергосистеми.

Таким чином, контроль стану електродвигуна під час експлуатації є необхідним заходом, застереження виникненню і розвитку аварійних ситуацій, а також порушення технологічного процесу. Одним із шляхів скорочення позапланових простоїв і підвищення надійності устаткування є діагностика, контроль і прогнозування несправностей АД, що найбільш зустрічаються, в процесі експлуатації.

Виткові замикання – дефект ізоляції обмотки електродвигуна , при якому по короткозамкненим виткам протікають струми прямої зворотної та нульової послідовності.

Диференціальний захист за принципом дії не реагує на виткові замикання , а чутливість струмових захистів навіть до між-фазних коротких замикань недостатня, оскільки вони охоплюють пошкодження в межах 6 ... 20% обмотки від лінійних виводів. Підвищеною чутливістю до виткового замикання володіє струмовий фільтровий захист зворотній послідовності , проте він реагує на замикання порядку 10 ... 20% витків фази і діє з витримкою часу, необхідної для узгодження суміжних захистів. Подальше підвищення чутливості останнього захисту обмежено природною асиметрією струмів мережі, що становить 10 ... 15% , а наявність витримки часу знижує ефект досягнутої підвищеної чутливості , оскільки до моменту відключення виткові замикання можуть перерости в між-фазне коротке замикання.

В даний час існує безліч підходів до побудови систем технічного діагностування даної несправності АД:

- максимальний струмовий фільтровий захист, що реагує на НЕ-симетрію фазних струмів статора електродвигуна;

- захист, заснований на аналізі вібраційних і акустичних процесів;
- метод, заснований на аналізі теплових процесів які протікають в обмотці статора;
- метод, заснований на контролі симетрії фазних струмів по величині і початковій фазі;
- метод, заснований на аналізі параметрів зовнішнього магнітного поля;
- метод В.В. Бурикiна (ІГЕУ), який заснований на використанні захисту, що реагує на появи напруги нульової послiдовностi в обмотцi, розташованi на кiльцевому магнiтопроводi в корпусi двигуна. Аналізуючи фiзичнi процеси, що протiкають при ВЗ, виявили, що в лiнiйних струмах складова послiдовностi вiдсутня, так як немає шляху замикання І0 на землю. Струм нульової послiдовностi замикається тiльки в короткозамкнених витках. Тому для видiлення струму нульової послiдовностi рiцiональнiше використовувати його природний контур протiкання.

Таким чином, на сьогоднiшнiй день iснує тiльки один метод, що володiє високою чутливiстю до ВЗ (здатний визначити навить ВЗ одного витка). Це Метод В.В. Бурикiна (ІГЕУ), який заснований на використаннi захисту, що реагує на появи напруги нульової послiдовностi в обмотцi, розташованi на кiльцевому магнiтопроводi в корпусi двигуна.

УДК 621.313

Буряк Н.О.

студ. гр. Е-219м ЗНТУ

*Буряк Н.О.*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ НЕРОБОЧОГО ХОДУ НА ПРИКЛАДІ ТРАНСФОРМАТОРА ТДНС-10000/35-У1 ЗАСОБАМИ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ**

Для передачі та розподілення електричної енергії широко застосовуються силові трансформатори. Серед силових трансформаторів окрему групу складають трансформатори для власних потреб стацій і підстанцій. Вони мають характерні відмінності конструктивного виконання, насамперед, розщеплені обмотки низької напруги. Ці особливості конструкції вимагають уточнених підходів до розрахунку трансформатора, в тому числі із застосуванням спеціальних програмних засобів електромагнітного моделювання, в тому числі і параметрів неробочого ходу трансформатора.

Актуальним в науковому і технічному плані є застосування для розрахунку параметрів неробочого ходу спеціалізованих програмних засобів, які реалізують математичні рівняння Максвелла методом кінцевих елементів. До таких пакетів відносяться програми Elcut, Comsol Multiphysics, Ansys, Maxwell, Edmag 3D. Але слід відзначити, що використання ліцензійного про-

грамного забезпечення потребує дуже великих фінансових витрат від 200000 до 500000 \$. Це суттєво обмежує можливості доступу до сучасних засобів проектування малим компаніям із-за недостатнього рівня капіталізації. Для більших кампаній і фірм це істотно збільшує витрати на конструкторські розробки і зменшує конкурентоздатність їх пропозицій.

Альтернативою наведеним вище програмним засобам слід вважати ПЗ FEMM, яке є ПЗ із вільним доступом. Але ресурси ПЗ FEMM є порівняно обмеженими, що потребує спеціальних підходів для розрахунку трансформатора і прийняття ряду припущень.

Будемо вважати, що кривизною поперечного перерізу стрижнів магнітної системи і обмоток фаз трансформатора можна знехтувати; розподіл сил намагнічування по зонам обмоток є рівномірним, бак трансформатора повністю екранує зовнішнє середовище від активної частини.

За таких припущень дослідження параметрів неробочого ходу здійснювалося при різних рівнях збудження магнітної системи, що відповідають роботі трансформатора на номінальній напрузі сторони ВН і заданому ступеню положення перемикача РПН. З польового розрахунку визначалися значення потокозчеплення та індуктивності обмоток кожної з фаз трансформатора, середні значення індукції у поперечних перерізах стрижнів, ярем, в кутах і зазорах магнітної системи. Розраховувалися активні втрати, втрати реактивної потужності і опори неробочого ходу для кожного положення пристрою РПН.

Здійснено порівняння результатів отриманих шляхом польового моделювання і класичного розрахунку неробочого ходу трансформатора, наведено залежності параметрів неробочого ходу від положення пристрою РПН.

УДК 621.313

Найдіч Ю.К.

студ. гр. Е-219м ЗНТУ

*Найдіч Ю.К.*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ НА ПРИКЛАДІ ТРАНСФОРМАТОРА ТМН-2500/35-У1 ЗАСОБАМИ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ**

Математичне моделювання розрахункових режимів трансформатора є актуальною науковою і практичною задачею.

Для математичного моделювання режиму короткого замикання можна застосовувати різні підходи і методи. Найбільше розповсюдження отримала група методів на основі теорії електричних кіл, яка потребує визначення емпіричних залежностей для опорів короткого замикання. Застосування емпіричних залежностей істотно обмежує область застосування діючими конс-

труктивними виконаннями. Друга група методів – аналітичні методи, має істотні переваги, оскільки можна проводити числові розрахунки для будь яких значень конструктивних параметрів трансформаторів різних схем конструктивного виконання. Але ці переваги нівелюються відсутністю можливості врахування нелінійних властивостей електротехнічних сталей магнітних систем і конструкційних сталей пресуючих балок, пресуючих кілець обмоток, баку трансформатора. Крім того припущення і спрощення математичних формулювань і геометрії активної частини трансформатора істотно збільшують похибки розрахунків.

Найбільш досконалими є чисельні методи, серед яких широке розповсюдження отримав метод скінчених елементів, який реалізовано у ПЗ Elcut, Comsol Multiphysics, Ansys, Maxwell, Edmag 3D, FEMM. При розрахунку за цим методом будується сітка з скінчених елементів, які найчастіше мають форми трикутників або чотирикутників. Скінчені елементи не перехрещуються, а їх вузли є вузлами суміжних елементів. Основні залежності для розрахунку коефіцієнтів вузлів скінчених елементів можуть визначатися різними способами: за допомогою варіаційних методів, методу Бубнова-Гальоркіна, осереднення функціональних поправок, найменших квадратів тощо. Вибір того чи іншого методу, який реалізовано у сучасних ПЗ, здійснюється за допомогою спеціального меню, що дозволяє інтенсифікувати розрахункові процеси.

Дослідження проводилися у структурі засобів ПЗ FEMM. При моделюванні режиму короткого замикання трансформатора ТМН-2500/35-У1 визначено за допомогою спеціального меню цієї програми, а саме опори обмоток постійному струму, їх потокозчеплення та індуктивність. Були співставлені дані математичного моделювання і розрахунків за класичної методикою, визначено похибку розрахунку параметрів короткого замикання за класичною методикою.

УДК 621.313

Прімечаєв Є.С.

студ. гр. Е-219м ЗНТУ

*Прімечаєв Є.С.*

### **ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ НЕРОБОЧОГО ХОДУ ТРАНСФОРМАТОРА ТМН-6300/35-У1 ЗАСОБАМИ FEMM**

Для визначення параметрів неробочого ходу застосовуються класичні підходи, які базуються на методах теорії електричних кіл, і більш сучасні підходи на основі математичного моделювання електромагнітних процесів і полів в активній частині силового розподільчого трансформатора ТМН – 6300/35-У1. Другий спосіб визначення параметрів неробочого ходу є більш

220

універсальним, оскільки дозволяє врахувати не лінійність магнітних властивостей електротехнічної сталі.

Дослідження на основі ПЗ FEMM потребує спеціального підходу, оскільки вказане програмне забезпечення не дозволяє моделювати квазістаціонарні або частотні процеси. Було застосовано магнітостатичну модель у формулюваннях векторного магнітного потенціалу для миттєвих значень струму в фазних первинних обмотках трансформатора. Застосовувався початковий масив з 9 миттєвих значень струму для кожної фази. За даними польового моделювання визначалися миттєві значення напруги обмоток, які методом ітерацій наближали до значень напруги, які відповідали синусоїдальному закону їх зміни.

Запропонований метод дозволяє отримати часові залежності для струмів неробочого ходу кожної фази, визначити їх гармонійний склад, амплітуду першої гармонійної складової струму і уточнені значення опорів неробочого ходу.

УДК 621.313

Савін М.А.

студ. гр. Е-219м ЗНТУ

*Савін М.А.*

### **ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ НА ПРИКЛАДІ ТРАНСФОРМАТОРА ТМН-10000/110-У1 З ЗАСОБАМИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ FEMM**

ПЗ FEMM є спеціалізованим програмним забезпеченням, що призначено для розрахунку магнітних полів. Це дозволяє застосовувати його для визначення опорів короткого замикання трифазного трансформатору класу напруги 110 кВ.

Розрахункову область активної частини було обмежено баком трансформатора, а на зовнішній границі цієї області було задано однорідні граничні умови для векторного магнітного потенціалу. Оскільки струм неробочого ходу трансформатора при номінальній напрузі не перевищує 1%, то у режимі короткого замикання він буде менше номінального фазного струму первинної обмотки на декілька порядків. Це дозволило при описі розподілу сил намагнічування застосувати умови їх рівності для сторін ВН і НН. Кожна обмотка розділялася на розрахункові підобласті. В окремій підобласті було виділено ділянки обмоток з однаковою щільністю ампер-витків, великі канали охолодження між котушками обмоток високої напруги, а також підобласть введення у середину обмотки ВН. Граничні умови для областей з різними електромагнітними властивостями приймалися у програмі FEMM «за умовчанням».

За даними польового розрахунку за допомогою вбудованої функції інтегрування в заданих областях було визначено втрати активної потужності та енергія магнітного поля, а потім розраховано активні та індуктивні опори короткого замикання. Дані математичного моделювання було порівняно із проектними даними і визначено похибки.

УДК 621.313

Феколін О.В.

студ. гр. Е-219м ЗНТУ

*Феколін О.В.*

### **ВИЗНАЧЕННЯ ОПОРІВ ВЗАЄМОІНДУКЦІЇ ОБМОТОК ТРАНСФОРМАТОРА ТМН-1600/35-У1 ЗАСОБАМИ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ**

Визначення опорів взаємоіндукції є необхідним для побудови схеми заміщення силового трансформатора і розрахунку його робочих параметрів. Точність визначення цих опорів істотно впливає на загальну точність визначення основних конструктивних параметрів, підвищення якої є важливим в практиці конструкторської підготовки виробництва.

Сучасним підходом до визначення опорів взаємоіндукції обмоток трансформаторів є математичне моделювання із застосуванням базових рівнянь Максвелла і методів скінчених елементів, що реалізуються в структурі засобів ПЗ FEMM.

Для визначення опорів взаємоіндукції робиться припущення щодо рівномірності розподілу щільності струму в осьовому перерізі кожної з пар обмоток. Це дозволяє замість об'ємного інтегралу від добутку модулю векторного магнітного потенціалу на модуль щільності струму розраховувати лише об'ємний інтеграл від модулю векторного магнітного потенціалу, помножуючи його значення на середнє значення щільності струму.

Моделювання здійснювалося в наступній послідовності. Засобами графічного редактора ПЗ FEMM створювали геометричну модель трансформатора з магнітною системою і системою обмоток різних фаз. Задавалися властивості блоків з трансформаторним маслом, електротехнічним картоном, обмотками, електротехнічною сталлю із основною характеристикою її намагнічування. Далі задавали однорідні граничні умови на внутрішній поверхні баку трансформатора. Параметри живлення формували послідовно для первинних обмоток кожної з фаз трансформатора і робили розрахунок магнітного поля. За допомогою інтерфейсу параметрів блоку визначено об'ємний інтеграл від модулю векторного магнітного потенціалу для вторинної обмотки (без струму), а потім розраховано значення опору взаємоіндукції. Аналогічні розрахунки повторювалися для інших фаз трансформатора.

Наступні розрахунки виконували, коли живлення було підключено до вторинних обмоток і перевірялися умови рівності парних значень взаємоіндуктивності, як наприклад,  $M_{ij}=M_{ji}$ , і визначали похибки розрахунків.

*Цієр М.О.*

**ВИЗНАЧЕННЯ ОПОРІВ САМОІНДУКЦІЇ НА ПРИКЛАДІ  
ВИМІРЮВАЛЬНОГО ТРАНСФОРМАТОРА НАПРУГИ НА 420КВ  
ЗАСОБАМИ FEMM**

Відомо, що первинна обмотка трансформатора напруги має велику кількість витків, що призводить до істотного збільшення її індуктивного опору, який необхідно враховувати при розрахунку струмів короткого замикання і уставок релейного захисту. Тому забезпечення високої точності розрахунків є дуже важливим і для проектування трансформаторів напруги, і для розрахунку систем захисту мереж, де вони встановлюються.

Це завдання можна реалізувати шляхом застосування ПЗ FEMM. Для цього цифровані креслення активної частини трансформатору напруги імпортуються в середовище ПЗ, задаються властивості матеріалів активної частини і зв'язуються з виділеними блоками. Визначаються граничні умови на умовній границі розрахункової області, граничні умови між блоками задаються ПЗ за умовчанням. Розрахункова область покривається сіткою скінчених елементів та здійснюється розрахунок розподілу векторного магнітного потенціалу. Із списку в інформаційному вікні інтегрування для виділеного блоку первинної обмотки трансформатору напруги обирається добуток  $A \cdot J$  і визначається значення інтегралу по об'єму зайнятому провідниками із струмом. Натисканням кнопки «Ok» на екрані відображається відповідне значення інтегралу. Після ділення його на квадрат струму в обмотці можна отримати значення її статичної індуктивності.

Застосування ПЗ FEMM дозволяє підвищити точність розрахунку в порівнянні із класичними методиками проектування, оскільки виключаються припущення і обмеження щодо ідеалізації картини магнітного поля у вимірювальному трансформаторі напруги.

УДК 621.3.048.1

Скрупская Л.С.

асп., ассист. ЗНТУ

*Скрупская Л.С.*

## **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ВНУТРЕННЕЙ ИЗОЛЯЦИИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА НА ОСНОВЕ МЕТРИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ**

В основу прогнозирования остаточного ресурса внутренней изоляции измерительных трансформаторов тока можно положить аппарат нейронных сетей, позволяющий строить обучающиеся системы, что даст возможность повысить эффективность диагностирования электрических аппаратов.

Способ прогнозирования остаточного ресурса в высоковольтном трансформаторном оборудовании может быть представлен следующим образом.

Вначале задается обучающая выборка. Затем на основании исходной выборки  $D$  формируется множество  $D'$ , в котором каждому трансформатору  $D'$  в зависимости от времени  $D'$  до поломки присваивается соответствующий класс  $k_0, k_{\Delta t}, k_{2\Delta t}, \dots, k_{c\Delta t}, k_1$ . При этом каждому трансформатору с нулевым значением выходного параметра ставится в соответствие класс  $k = k_0$ , трансформаторам, исследование состояния которых проводилось за время  $\Delta t$  до выхода из строя – класс  $k = k_{\Delta t}$  и т. д.

Далее для экземпляров  $k$ -го класса определяются координаты центра. Таким образом, синтезируется модель  $M = M(D)$ , представляющая собой набор центров классов, вычисленных по заданному набору данных.

После выполняется фаза распознавания, на которой происходит определение состояния трансформаторного оборудования по набору характеристик, не входящих в исходную выборку  $D$ . На данном этапе для каждого измерения трансформатора определяется расстояние до центра каждого класса. При этом могут быть использованы различные метрики.

В результате принятия решения об отнесении к классу  $k_0$  трансформатор считается дефектным, при отнесении к классу  $k_1$  трансформатор считается пригодным для дальнейшей эксплуатации. При принятии решения  $k = k_{a\Delta t}$  трансформатор считается таким, что ожидаемое время его выхода из строя составит  $a\Delta t$ .



УДК 621.314

Афанасьєв О.І.

канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

*Афанасьєв О.І.*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СТРУКТУРИ ОПОРНОГО ІЗОЛЯТОРА НА РОЗПОДІЛ НАПРУЖЕНОСТІ ПОЛЯ УЗДОВЖ БОКОВОЇ ПОВЕРХНІ ІЗОЛЯТОРА У ОБМЕЖУВАЧАХ ПЕРЕНАПРУГ 750 кВ**

Важливим способом підвищення експлуатаційних характеристик ізоляційної конструкції розподільного пристрою понадвисокої напруги є удосконалення системи захисту від виникаючих перенапруг, головним елементом якої є обмежувачі перенапруг (ОПН).

Сучасні виробники ОПН для виготовлення ізоляційної конструкції все більше використовують полімерні матеріали. Їх трекінгоерозійну та дугову стійкість, а також волого розрядні характеристики забезпечує спеціальне ребристе покриття, що виконано на основі силіконової або етиленпропіленової електротехнічної гуми. Впровадження таких конструкцій дає можливість отримати одноелементні ізоляційні покриття на класи напруги до 750 кВ. Аналіз ринку сучасних конструкцій ОПН показав, що при збереженні однакових електричних параметрів вони можуть відрізнятися за кількістю послідовно з'єднаних елементів опорної ізоляційної конструкції. ОПН у полімерних корпусах практично вибухобезпечні та мають мінімальні масогабаритні розміри. Однак деякі властивості полімерної ізоляції у більшій степені залежать від напруженості поля. Наприклад, підвищена напруженість поля внаслідок нерівномірності її розподілу уздовж опорної ізоляційної конструкції веде до підвищення старіння як структури варистора, так і самої полімерної ізоляції.

З урахуванням вище сказаного, виникає необхідність для оцінки розподілу напруженості поля для різних конструктивних рішень та її впливу на головні експлуатаційні параметри ОПН. Для цього розроблені розрахункові моделі для оцінки розподілу напруженості як для багато-, так і для одноелементних ізоляційних корпусів. На прикладі ОПН 750 проведено розрахунок розподілу напруженості поля для різних систем екранування. Аналіз результатів показав, що більш рівномірне поле мають одноелементні конструкції, однак використання полімерних матеріалів веде до зниження показників надійності у екстремальних умовах експлуатації. Їх усунення потребує додаткових витрат, наприклад системи діагностування.

## **ОЦЕНКА ТЕПЛОВОГО СОСТОЯНИЯ ИЗОЛЯЦИИ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С ФАЗНЫМ РОТОРОМ С МОДИФИЦИРОВАННОЙ СИСТЕМОЙ ИМПУЛЬСНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ**

Для целого ряда промышленных механизмов, в частности кранового и металлургического оборудования, в процессе выполнения производственного цикла требуется осуществление плавного пуска и торможения, а также обеспечение стабильной работы механизма на пониженных скоростях. В этих механизмах используется асинхронный электропривод на базе асинхронного двигателя (АД) с фазным ротором металлургических и крановых серий, работающего в интенсивных повторно-кратковременных режимах (S3 и др.). Эти режимы порождают многообразие тепловых состояний АД, которые определяются различными характеристиками (продолжительностью включения, длительностью цикла и пр.). Реальный эксплуатационный режим асинхронного электропривода существенно отличается от условных стандартизированных повторно-кратковременных режимов с продолжительностью цикла 10 мин. (6 включений в час). Высокая частота включений оказывает существенное влияние на тепловое состояние и эксплуатационную надежность АД. При этом, для заданной диаграммы нагрузок наибольшее влияние на тепловое состояние оказывают продолжительность включения (ПВ) и длительность цикла [1].

В связи с этим не исследован вопрос о степени влияния длительности цикла и продолжительности включения на тепловое состояние и ресурс изоляции АД при бесконтактном регулировании, в частности с модифицированной системой импульсного регулирования [2], которые существенным образом влияют на эксплуатационную надежность управляемого АД.

Для расчета и анализа теплового состояния АД с модифицированной системой импульсного регулирования использовалась электротепловая модель АД, которая позволяет учесть особенности преобразования энергии электромагнитного поля в тепловую энергию, процессы теплопередачи и теплообмена, в зависимости от режимов работы и частоты вращения АД [3, 4].

Исследование показало, что увеличение длительности цикла и скольжения АД при его работе с модифицированной системой импульсного регулирования в повторно-кратковременном режиме работы S3 приводит к существенному росту температуры АД. В связи с этим, была выполнена оценка ресурса наиболее уязвимой межфазной изоляции обмотки статора, которая показала наибольшее снижение ресурса для ПВ=0.15 в 12 раз – при номинальном скольжении  $s=0.1$ , и в 50 раз – при  $s=0.9$  [5].

С целью повышения эксплуатационной надежности и поддержания номинального ресурса АД, определены коэффициенты коррекции токовой нагрузки обмотки статора АД типа МТФ-111-6 с модифицированной системой импульсного регулирования работающего в повторно-кратковременном режиме S3 для стандартных ПВ в широком диапазоне изменения длительности цикла работы механизма.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Коцур М. И. Оценка ресурса системы изоляции управляемого асинхронного двигателя с фазным ротором в подсинхронном диапазоне частоты вращения ротора [Текст] / М. И. Коцур, П. Д. Андриенко, И. М. Коцур // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2011. – №5/8(53). – С. 41–45.
2. Коцур М.И. Оценка теплового состояния изоляции асинхронного двигателя с фазным ротором с модифицированной системой импульсного регулирования [Текст] / М.И. Коцур, // Електротехніка та електроенергетика. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2013., №1 – С. 31–36.

УДК 648.3.048.1  
Василевский В.В.  
асп. ЗНТУ

*Василевский В.В.*

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПРОЦЕССОВ МИГРАЦИИ ВЛАГИ В БУМАЖНО-МАСЛЯНОЙ ИЗОЛЯЦИИ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА**

Влага в бумажной изоляции силового трансформатора (СТ) ускоряет разложение целлюлозы при ее старении. Растворенная в масле влага является причиной снижения электрической прочности масла. Прогнозирование возможного износа изоляции СТ требует учета как температуры изоляции в наиболее нагретых точках, так и распределения влаги в системе «бумага-масло». Вопросы влияния увлаженности изоляции на ее ресурс рассматривались многими авторами [1, 2]. Между тем, комплексные модели описывающие динамику старения изоляции в связи с динамикой миграции влаги и агрессивных продуктов старения масла в изоляции отсутствуют. Существующие модели позволяют рассчитать процессы деградации изоляции основываясь на статистических данных, однако не позволяют моделировать их с целью прогнозирования остаточного ресурса.

Предложена модель учета влияния динамики миграции влаги на ресурс изоляции СТ.

Структурная схема предложенной модели включает в себя термодинамическую модель, блок моделирующий распределение влаги в системе «бумага-масло» (модель распределения влаги), а также блок расчета ресурса изоляции. Термодинамическая модель состоит из блоков расчета  $\theta_h$ , блока расчета температуры верхних слоев масла и модели изменения внешних факторов. Модель распределения влаги в свою очередь состоит из блоков расчета текущей влажности бумажной изоляции и масла, основывающихся на дифференциальных уравнениях баланса влаги; а также модели процессов миграции влаги в системе.

Полученную модель предполагается использовать при дальнейшем изучении процессов старения изоляции силовых маслонаполненных трансформаторов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Мордкович А.Г., Туркот В.А. Система управления, мониторинга и диагностики трансформаторного оборудования СУМТО[текст]// Новое в российской электроэнергетике. – 2007. – №6. – С. 23–28;

2. Васин В.П., Долин А.П. К задаче оценки остаточного ресурса изоляции силовых маслонаполненных трансформаторов[текст]// Новое в российской электроэнергетике. – 2008. – №3. – С. 42–55.

УДК 621.314.57

Ларионова Т.Ю.

асп. ЗНТУ

*Ларионова Т.Ю.*

## **ЗАДАЧИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ИМПУЛЬСНЫМ РЕГУЛЯТОРОМ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ СОБСТВЕННЫХ НУЖД**

Система питания собственных нужд (СПСН) электровозов предназначена для питания осветительных сетей, обогревателей, двигателей компрессоров и других нагрузок электровоза. Потенциальные резервы экономии электроэнергии в СПСН электровоза составляют от 5 до 10% энергии затрачиваемой поездом.

Одним из объектов энергоэффективного управления в СПСН является импульсный регулятор (ИР) – преобразователь напряжения контактной сети в напряжение 540 В постоянного тока. Работа этого ИР связана с потерями электроэнергии, величины которых, в известных работах, связываются с

топологией преобразователя и тепловыми режимами работы его силовых полупроводниковых приборов (СПП).

Вместе с тем, такие особенности применения ИР, как широкие пределы изменения напряжения контактной сети и наличие технологических циклов нагрузки СПСН не учитываются в известных постановках задач энергоэффективного управления.

Будем рассматривать задачу энергоэффективного управления ИР как частный случай задачи оптимального управления. Предметом исследований в этой работе являются структуры и алгоритмы управления ИР. Их оптимальность устанавливается по значению функционала потерь электроэнергии в интервале времени управления с учетом ожидаемых (вероятных) изменений напряжения на входе преобразователя, параметров нагрузки и тепловых режимов СПП.

Потери в элементах ИР, в свою очередь, являются функцией переменных алгоритмов управления. Допустимые диапазоны изменения этих переменных определяются из неравенств, связывающих переменные алгоритмов управления с качеством выходного напряжения ИР.

Задача энергоэффективного управления ИР может быть сформулирована в технико-экономической постановке. В этом случае в функционале критерия эффективности дополнительно входят стоимостные переменные реализуемых структур и алгоритмов.

УДК 681.123

Безотосний В.Ф.<sup>1</sup>, Власенко Е.В.<sup>2</sup>, Романіченко Г.Н.<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

<sup>3</sup>старш. викл. ЗНТУ

*Безотосний В.Ф., Власенко Е.В., Романіченко Г.Н.*

## **КОНТРОЛЬ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАТЕРІАЛІВ НАКЛАДНИМИ ПЕРЕТВОРЮВАЧАМИ**

Принцип дії вихреструмних перетворювачів заснований на контролі Е.Р.С., що наводиться у вимірювальній обмотці, величина якої залежить від електромагнітних властивостей досліджуваного матеріалу. Оптимальна частота струму, який намагнічує, для конкретного матеріалу звичайно обирається експериментально. Недоліком більшості існуючих конструкцій перетворювачів є залежність вихідного сигналу не тільки від електромагнітних властивостей досліджуваного матеріалу, але й від величини зазорів під полюсами, які важко контролювати в процесі вимірів.

Принцип дії розробленого перетворювача заснований на вихреструмному частотному балансі. Це дозволяє практично повністю позбутися впливу повітряних зазорів при деякій їхній раціональній величині, а також контролювати електромагнітні властивості феромагнітних матеріалів, тому що в якості вихідної інформації використовується частота струму, який намагнічує. Бічні магнітопроводи перетворювача призначені для створення в досліджуваному матеріалі корегувальних магнітних потоків, які обмежують область поширення магнітного потоку через вимірювальний магнітопровід. У цьому випадку контролювана ділянка матеріалу обмежена шириною полюса середнього магнітопроводу, що несе вимірювальну обмотку, і активною базою перетворювача.

Доказано, що існує частота струму при якій у результаті дії вихрових струмів, магнітний потік, який проходить в області феромагнетика, розташованого під полюсами середнього магнітопроводу, зменшується до величини магнітного потоку, який проходить у діелектричному середовищі.

Частота, відповідна до цього випадку (назвемо її частотою вихреструмного балансу), може бути знайдена з отриманого рівняння. Так частота вихреструмного балансу визначається насамперед електромагнітними властивостями феромагнетика: магнітною проникністю й електропровідністю, тобто по частоті балансу можна судити про електромагнітні властивості феромагнітних матеріалів. Наведені також результати практичного застосування накладного перетворювача при вимірюванні залишкових напруг у феромагнітних матеріалах. Аналіз отриманих залежностей показує, що наприклад по частоті вихреструмного балансу можна судити про розподіл механічних напруг по глибині

матеріалу. У результаті проведених теоретичних і експериментальних досліджень можна зробити наступний висновок: перетворювачі, у яких використовується принцип вихреструмного балансу з успіхом можуть застосовуватися для контролю електромагнітних властивостей феромагнітних матеріалів по балансній частоті струму, який намагнічує, що дозволяє безпосередньо без проміжних перетворень використовувати цифрову вимірну апаратуру.

УДК 532.083

Безотосний В.Ф.<sup>1</sup>, Козлов В.В.<sup>2</sup>, Набокова О.В.<sup>3</sup>, Афанасьєва І.О.<sup>4</sup>

<sup>1,2</sup>канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

<sup>3,4</sup>старш. викл. ЗНТУ

*Безотосний В.Ф., Козлов В.В., Набокова О.В., Афанасьєва І.О.*

### **ПИТАННЯ РОЗРАХУНКІВ І ЗАСТОСУВАННЯ МАГНІТОПРУЖНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ З УРАХУВАННЯМ ТЕОРЕТИКО-ЦЕПНОЇ МОДЕЛІ**

Питання розробки й дослідження засобів систем керування завжди актуальна. Основним елементом зазначених систем є первинний перетворювач інформації (датчик). Для виміру таких фізичних параметрів як сила, деформація, момент обігу в ряді випадків найбільш доцільні магнітопружні перетворювачі (МПП), які порівняно з іншими мають ряд переваг: більшу твердість силовимірювальних елементів; малу інерційність; невеликі масо габаритні показники; можливість дистанційної передачі корисної інформації без додаткових підсилювальних засобів; високу надійність; формують уніфікований вихідний сигнал, який забезпечує узгодження з вимірювальною апаратурою. Дослідження МПП по розробці раціональних конструкцій, вибору параметрів, розширенню функціональних можливостей дозволяють їх вважати найбільш перспективними датчиками для агрегатних комплексів, призначених для розв'язку певного кола завдань.

Зокрема, МПП із розширеними функціональними можливостями, дозволяють вирішувати численні завдання по виміру, аналізу й автоматичному регулюванню параметрів вібрації електромагнітних вібраторів у металургії, машинобудуванні, хімічній промисловості, будівництві, сільському господарстві і т.д. До цих основних параметрів потрібно віднести амплітуду й частоту вібрації, які створюються вібратором зусилля. Для багатьох технологічних процесів необхідно також знати сумарну масу компонентів, робити їхнє дозування при завантаженні. МПП дозволяє також визначити напрямок складених зусиль, які важливо, наприклад, при регулюванні параметрів вібрації багатofазними збудниками.

Як відомо, принцип дії МПП заснований на магнітопружному ефекті (ефект Віллари) феромагнітних матеріалів, а ефект магнітної пружності пов'язаний з магнітострикцією. Для моделювання МПП розглянуті механічна, магнітопружна й електромагнітна ділянки. Однак зазначена схема відбиває лише порядок взаємодій формуючих факторів. Для того, щоб виявити особливості функціонування МПП із погляду взаємозв'язку його фізичних підсистем, доцільно звернутися до теоретичного прийому і уточнити взаємозв'язки окремих підсистем МПП. Їм є теоретико-цепне моделювання.

Основним теоретичним апаратом моделювання є постулати й теореми теорії електричних кіл, які засновані на розгляді взаємозалежностей між інтенсивними (наприклад напруга) і екстенсивними (наприклад струм) величинами. Величини в неелектричних підсистемах розглядаються на основі аналогій за принципом їх інтенсивності й екстенсивності. У рамках кожної з підсистем існують джерела й приймачі переданої потужності. Енергетичний зв'язок між підсистемами здійснюється через ідеальні передавачі типу «гіратор» і «ідеальний трансформатор», втрати потужності в яких відсутні.

Зв'язок між магнітної й механічної підсистемами здійснюється через гіратор із залежним коефіцієнтом гірації.

Результати досліджень показали, що характер зміни магнітної проникності феромагнітних матеріалів при наявності в них механічних напруг, і як наслідок, зміна вихідного сигналу МПП, збігається з характером зміни амплітуди переважно першої та третьої гармонік вихідного сигналу. Інакше кажучи, точність контролю зусиль магнітопружними перетворювачами залежить від гармонійного состава вихідного сигналу, і буде тем вище, чим менше амплітуди вищих гармонік. Наприклад при роботі МПП в агрегатному комплексі виміру параметрів вібрації низькочастотними віброзбуджувачами, частота вібрації яких 5–20 Гц, частоту намагнічування потрібно обирати більш ніж 200 Гц. Одержанні аналітичні залежності дозволяють обирати раціональні параметри МПП для конкретних умов їх експлуатації.

УДК 53.083

Власенко Э.В.<sup>1</sup>, Безотосный В.Ф.<sup>2</sup>, Афанасьева И.О.<sup>3</sup>, Романіченко Г.Н.<sup>4</sup>

<sup>1,2</sup>канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

<sup>3,4</sup>старш. преп. ЗНТУ

*Власенко Э.В., Безотосный В.Ф., Афанасьева И.О., Романіченко Г.Н.*

## **УПРАВЛЕНИЕ ПАРАМЕТРАМИ КОЛЕБАНИЙ НИЗКОЧАСТОТНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВИБРОВОЗБУДИТЕЛЕЙ**

Создание нового автоматизированного оборудования есть одним из основных средств механизации и автоматизации производственных машин и процессов, а степень их совершенства определяет в конечном итоге произво-

232



дительность работы. С целью интенсификации разных технологических процессов (вибротранспортировка, просеивание, перемешивание и т.д.) с успехом применяются электромагнитные вибровозбудители (ЭМВ). Среди многочисленных типов ЭМВ чаще применяют низкочастотные (НЧ ЭМВ), которые имеют ряд положительных свойств и преимуществ. НЧ ЭМВ простые по конструкции и технологии изготовления, надежные в эксплуатации, имеют приемлемую энергоемкость. В особую группу нужно выделить НЧ ЭМВ с частотой до 20 Гц, амплитуда механических колебаний которых может достигать 7–10 мм. Исследованию НЧ ЭМВ посвящено ряд работ. Однако до сих пор остаются недостаточно изученными вопросы регулирования и стабилизации параметров механических колебаний (амплитуды и частоты).

Принципы регулирования и стабилизации амплитуды механических колебаний исследованы на примере регулируемого НЧ ЭМВ. Регулированный НЧ ЭМВ содержит: электромагнит, цепь его питания, образованный обмоткой и последовательно включенным конденсатором, ферромагнитный якорь, закрепленный на подвижной системе и связанный с ней датчик перемещения якоря. Выход датчика подключен к одному из входов схемы сравнения, а к другому ее входу подключен выход задающего блока. Выход схемы сравнения соединен с входом усилителя, а выход с входом блока управления, подключенного к электромагниту. При отсутствии «питания» зазор между якорем и электромагнитом называют начальным.

При подаче напряжения на обмотку электромагнита, якорь притягивается. Величина конденсатора выбрана так чтобы при начальном промежуточном зазоре между якорем и электромагнитом в цепи питания возник резонанс напряжений, благодаря которому происходит резкое увеличение тягового усилия. При дальнейшем движении якоря и уменьшении зазора между ним и электромагнитом происходит расстройка резонанса и вследствие этого уменьшается тяговое усилие. Однако при этом возрастает противодействующее усилие со стороны упругих элементов подвижной системы. В силу переходных процессов действующее на якорь тяговое усилие будет значительно меньше, чем в процессе его притягивания, что позволяет якорю совершать незатухающие колебания с механической частотой системы, и амплитудой, обусловленной первоначальной настройкой контура цепи питания на резонанс. Так осуществляется изменение амплитуды колебаний и ее регулирование.

Изменение в настройке на резонанс параметров цепи питания осуществляется блоком управления, который может быть выполнен в виде регулируемого реактивного сопротивления (дресселя насыщения, магнитного усилителя, варикапа и др.). Подключение блока управления может быть сделано: параллельно обмотке электромагнита; параллельно конденсатору или последовательно с обмоткой электромагнита. Перспективна замена пружин на регулируемые упругие элементы с постоянными магнитами принципом рабо-

ты которых есть использование пондеромоторных сил магнитного поля (упругое магнитное подвешивание подвижной части относительно неподвижной). Необходимо отметить, что постоянные магниты рационально применять из высококоэрцитивных магнитотвердых материалов (неодимовые магниты, феррито-бариевые, из соединений кобальта с редкоземельными материалами, из соединений железа, бора и редкоземельных материалов). Это дает возможность использовать ЭМВ с большими зазорами между подвижной и неподвижной частями и существенно снизить их масса габаритные показатели.

УДК 621.3.01:519.876.5

Тиховод С.М.<sup>1</sup>, Корнус Т.М.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

<sup>2</sup>старш. преп. ЗНТУ

*Тиховод С.М., Корнус Т.М.*

## **ВИКОРИСТАННЯ ПОЛІНОМІВ ЧЕБИШЕВА ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ**

Для інженерів-електриків, яким важлива фізична суть математичних дій, представляється більш наочним, якщо математична операція супроводжується схемною моделлю. Розроблена заступна схема відповідає перехідному процесу так, що він повністю описується алгебраїчними рівняннями. Схемна модель дозволяє від електричного кола, в якому процеси характеризуються інтегро-диференціальними рівняннями, перейти до кола із зображеннями струмів, для яких справедливі закони Кирхгофа, що приводять до алгебраїчних рівнянь. Це відкриває можливість використання всього багатоманітного апарату теорії кіл для роботи із зображеннями струмів. Модифікація числового методу, що супроводжується створенням адекватної схемної моделі, є «дружною» для інженерів-електриків. Модифікація числового методу дозволила розробити систему моделювання перехідних процесів, яка дає можливість використовувати джерела напруги, керовані струмом, а також похідною струму.

Розглянемо одноконтурне коло, що містить резистивний ( $R$ ), індуктивний ( $L$ ) і ємнісний ( $C$ ) елементи, включені послідовно. Хай до комутації конденсатор був заряджений до напруги  $u_c(0)$ . При підключенні при  $t=0$  джерела змінної ЕРС  $e(t)$  у колі відбувається перехідний процес, який описується лінійним інтегро-диференціальним рівнянням з постійними коефіцієнтами:

$$L \frac{di}{dt} + Ri + \frac{1}{C} \int_0^t i(t) dt + u_c(0) = e(t) \quad (1)$$

Розв'язок для струму, як функцію часу, в інтервалі  $[t_0, t_{N-1}]$  апроксимуємо поліномом Чебишева 1-го роду:

$$i(t) \approx p(t) = c_0 T_0(t) + c_1 T_1(t) + c_2 T_2(t) + \cdots c_{N-1} T_{N-1}(t) \quad (2)$$

Для апроксимуючого полінома (2) задамо умову, що в точках  $t_k$  ділення інтервалу зміни аргументу

$$i(t_k) = p(t_k) \quad (3)$$

для  $k = 0, 1, 2, \dots, N-1$ .

При роботі з поліномами Чебишева в якості аргументу зручніше використати не час  $t$ , а змінну  $x$ , в інтервалі  $[-1, 1]$ .

Якщо умову (3) записати для кожної точки  $x_k$ , то отримаємо систему лінійних алгебраїчних рівнянь:

[illegible]

Якщо врахувати, що  $T_0(x) = 1$ , то з першого рівняння системи (4) можна отримати:

$$c_0 = i_0 - [c_1 T_1(x_0) + c_2 T_2(x_0) + \cdots c_{N-1} T_{N-1}(x_0)] \quad (5)$$

Віднімаємо з всіх рівнянь системи (4) перше рівняння, з урахуванням (5) одержуємо систему у матричній формі:

$$V.C = I - i_{\theta} , \quad (6)$$

де :  $V$  – матриця в системі (6) для обчислення коефіцієнтів розкладу функції струму по поліномах Чебишева:  $C = [c_1 \ c_{2...} \ c_{N-1}]^T$  – вектор коефіцієнтів поліному (2) без коефіцієнта  $a_0$ ;  $I = [i(t_1) \ i(t_2) \dots i(t_{N-1})]^T$  – вектор значень струму в опорних точках  $1, 2, \dots, N-1$ .

Продифференціюємо вираз (2):

$$\frac{di}{dt} \approx c_1 T'_1(t) + c_2 T'_2(t) + \cdots c_{N-1} T'_{N-1}(t) \quad (7)$$

Якщо в (7) підставити значення часу  $t$  для точок  $t_1, t_2, \dots, t_{N-1}$ , то отримаємо систему лінійних рівнянь, яка в матричній формі має вигляд:

$$\mathbf{I}' = \mathbf{D} \mathbf{C}, \quad (8)$$

де:  $\mathbf{I}' = [i'(t_1) \ i' (t_2) \dots i' (t_{N-1})]^T$  – вектор похідних струму для точок  $k = 1, 2, \dots, N-1$ ;

Проінтегруємо вираз (2) від нульової до  $k$ -ї точки за зміни номера  $k$  від 1 до  $N-1$ . Отримаємо систему в матричній формі:

$$\mathbf{J} = \mathbf{S} \mathbf{C} + \Delta \cdot i_0, \quad (9)$$

де  $\mathbf{J}$  – вектор інтегралів для значень  $k=1, 2, \dots, N-1$ ;

$$\Delta = [\delta_1 \ \delta_2 \ \dots \ \delta_{N-1}]^T; \ \delta_m = x_m - x_0. \quad (10)$$

Розпишемо рівняння (1) з урахуванням апроксимації (2) для точок  $k = 1, 2, \dots, N$ . Отримаємо в матричній формі вираз:

$$\mathbf{L}\mathbf{I}' + \mathbf{R}\mathbf{I} + \mathbf{B}\mathbf{J} + u_{C0} = \mathbf{e}, \quad (11)$$

де  $B=1/C$ ,  $\mathbf{e}$  – вектор значень ЕРС джерела в точках поточного часового інтервалу;  $u_{C0}$  – значення напруги на конденсаторі на початку інтервалу.

Якщо підставити у вираз (11) матриці  $\mathbf{I}$  (6),  $\mathbf{I}'$  (8),  $\mathbf{J}$  (9), то отримаємо:

$$(\mathbf{L}\mathbf{D} + \mathbf{R}\mathbf{V} + \mathbf{B}\mathbf{S})\mathbf{C} = \mathbf{e} - u_{C0} - \mathbf{R}i_0 - \mathbf{B}\Delta \cdot i_0. \quad (12)$$

Рівняння (12) можна інтерпретувати таким чином. Нехай у початковій вітці  $R$ - $L$ - $C$  протікає струм  $i(t)$ . Згідно з рівнянням (12) їй відповідає заступна вітка, в якій протікає зображення  $\mathbf{C}$  струму  $i(t)$ . При цьому в заступній схемі резистивний елемент має операторний опір  $\mathbf{R}\mathbf{V}$  і послідовно з ним назустріч струму включається джерело ЕРС  $\mathbf{R} \cdot i_0$ . Індуктивний елемент має операторний опір  $\mathbf{L}\mathbf{D}$ , а ємнісний елемент –  $\mathbf{B}\mathbf{S}$  і послідовно з ним назустріч струму включається джерело ЕРС  $\mathbf{B}\Delta i_0 + u_{C0}$ .

Доведено, що у вузлах заступної схеми для зображень  $\mathbf{C}$  справедливий закон струмів Кирхгофа.

**Висновок.** Реальному струмові  $i(t)$  відповідає векторне зображення  $\mathbf{C}$  в заступній схемі. Всі зображення струму  $\mathbf{C}$  в заступній схемі задовольняють законам Кирхгофа, якщо заступна схема складається за сформульованими правилами.

У результаті розв'язку системи лінійних алгебраїчних рівнянь, що складена за законами Кирхгофа, отримуємо вектори поліноміальних коефіцієнтів  $\mathbf{C}_k$  для всіх віток. Знаючи для будь-якої вітки коефіцієнти поліному, значення  $i_0$  у початковій точці  $t_0$  і напругу на конденсаторі  $u_{C0}$ , можемо вирахувати значення струму і напруги на конденсаторі у всіх довільних точках будь-якого з  $N-1$  відрізків в інтервалі часу  $[t_0, t_{N-1}]$ .

На великих інтервалах зміни  $t \gg N \tau$  рівняння (12) розв'язувати методом циклічного повторення, збільшуючи кожного разу поточний час на  $\tau$ .

Порівняння процесорного часу розрахунку модельної задачі запропонованим методом і методом Гіра показало, що запропонований метод має швидкодію більш ніж в чотири рази вищу за багатокроковий метод Гіра.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Васильев Н.И. Применение полиномов Чебышева в численном анализе [Текст] / Н.И. Васильев, Ю.А. Клоков, А.Я. Шкерстена. – Рига.: Зинатне. – 1984. – 240 с.

УДК 621.316.5

Волкова О.Г.

канд. техн. наук, старш. викл. ЗНТУ

*Волкова О.Г.*

## **ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВЕРХОНЬ РОЗРИВНИХ КОНТАКТІВ В ЕЛЕКТРИЧНИХ АПАРАТАХ ВИСОКОЇ НАПРУГИ**

У світовій практиці апаратобудування ведуться роботи по створенню потужних і надійних комутаційних апаратів, що працюють на безконтактній основі з використанням напівпровідникових приладів і ефекту надпровідності, але рівень розвитку техніки нині не дозволяє новим розробкам конкурувати з контактними апаратами традиційних конструкцій [1]. Процес комутації в яких здійснюється найбільш простим способом – шляхом механічного замикання або розмикання розривних контактів.

Процес замикання розривних електричних контактів, як правило, відбувається без дугових процесів. Однак через велику густину струму на площі фактичного контакту настає її перегрів, що викликає зниження міцності й оплавлення контактних матеріалів. Прямий контроль температури контактних поверхонь у цьому стані викликає технічні труднощі. З цієї причини запропоновано використовувати метод чисельного експерименту, побудований на основі рішення граничної зворотної задачі теплопровідності (ЗЗТ), який дозволяє апроксимувати показники температури, отримані в доступних для вимірювання точках на контактну поверхню [2].

Розроблено спосіб температурного контролю контактних поверхонь під навантаженням, який базується на принципі чисельного рішення граничної зворотної теплопровідності. Особливістю способу є визначення температури в процесі комутації за експериментальними значеннями, які отримані в зонах, доступних для прямого вимірювання, що дозволяє більш точно оцінити температуру робочих поверхонь електричних контактів.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Мышкин Н.К. Электрические контакты: учебно-справочное руководство [Текст] / Н.К. Мышкин, В.В. Кончиц, М. Браунович. – Долгопрудный: Интеллект, 2008. – 560 с.

2. Волкова О.Г. Измерение температуры поверхности разрывных контактов [Текст] / О.Г. Волкова // Электрика. – Москва. – 2013. – № 4. – с. 41–43.

УДК 621.3.015.4

Манько В.К.

канд. фіз.-матем. наук, доц. ЗНТУ

*Манько В.К.*

## ВИМІРЮВАННЯ КОЕФІЦІЄНТА ПУАССОНА ЗА ДОПОМОГОЮ ПРУЖИННОГО МАЯТНИКА

Пружні властивості матеріалів характеризуються двома параметрами: модулем Юнга  $E$  та коефіцієнтом Пуассона  $\mu$ . Останній, як правило знаходиться через модуль Юнга та модуль зсуву  $G$

$$\mu = \frac{E}{2G} - 1 \quad (1)$$

Для коректного його вимірювання бажано на одному і тому ж зразку визначати модуль Юнга по деформації розтягування – стиснення і модуль зсуву по деформації зсуву. Найкраще для таких вимірювань відповідає циліндрична пружина з підвішуваними до неї тягарцями. При збудженні вертикальних коливань шляхом стискування чи розтягування пружини у витках виникає деформація зсуву, що дає можливість визначити модуль зсуву. А деформація розтягування-стискування виникає в пружині при збудженні в ній крутильних коливань не змінюючи довжину пружини. При цьому змінюється діаметр витків, а зовнішні та внутрішні шари зазнають по чергово деформацій розтягування-стискування.

Відомо, що жорсткість пружини при розтягуванні  $k$  і при закручуванні  $k_{кр}$  дорівнюють відповідно

$$k = \frac{Gd^4}{8D^3N} \quad (2)$$

$$k_{кр} = \frac{Ed^4}{64DN} \quad (3)$$

де  $D$  – діаметр витка,  $d$  – діаметр дроту,  $N$  – кількість витків пружини.

Періоди коливань відповідно

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi\sqrt{\frac{8D^3Nm}{Gd^4}} \quad (4)$$

$$T_{kp} = 2\pi \sqrt{\frac{J}{k_{kp}}} = 2\pi \sqrt{\frac{64DNJ}{Ed^4}} \quad (5)$$

де  $m$  – маса підвішеного до пружини тіла;  $J$  – його момент інерції відносно повздовжньої осі пружини.

Піднесемо вирази (4,5) до квадрату і знайдемо відношення квадратів періодів

$$n^2 = \frac{T_{kp}^2}{T^2} = \frac{64DNJ}{Ed^4} \cdot \frac{Gd^4}{8D^3Nm} = \frac{8J}{D^2m} \cdot \frac{G}{E} \quad (6)$$

Важливим у одержаному відношенні є відсутність кількості витків  $N$  і особливо діаметра дроту, що збільшує точність вимірювань. Задаючись формою підвішеного тіла, тобто моментом інерції  $J$ , у виразі (6) зникає і маса.

Таким чином вимірюючи періоди коливань, діаметр витка пружини та геометричні розміри тіла із (6) знаходять відношення модулів пружності, а із (1) – коефіцієнт Пуассона.

До сталевій пружини з діаметром витка  $D=1$  см підвішувався стержень довжиною  $L=50$  см за середину так, щоб він висів горизонтально. Спочатку збуджувались вертикальні коливання і вимірювався час 20 коливань, а отже і період. Одержано значення  $T = \frac{19,3}{20} = 0,965$ . Потім акуратно не розтягуючи

пружину стержень повертався навколо вертикальної осі на кут приблизно  $180^\circ$  і відпускався. Вимірювався час 5 повних поворотів, а отже і період. Одержано значення  $T_{KP} = \frac{122,6}{5} = 24,52$ . Відношення періодів склало  $n = 25,41$ .

На перший погляд здається, що кут закручування дуже великий. Справа в тому, що пружина мала близько 350 витків ( $0,5^\circ$  на виток), і при меншому куті закручування коливання швидко затухали із-за малої початкової енергії, яка пропорційна куту.

Із (4) при моменті інерції стержня  $J = \frac{1}{12}mL^2$  знаходилось відношення модулів пружності  $\frac{E}{G} = \frac{2L^2}{3D^2n^2} = \frac{2 \cdot 0,5^2}{3 \cdot (10^{-2})^2 \cdot 25,41^2} = 2,581$ , а за виразом (1) – коефіцієнт Пуассона  $\mu = \frac{E}{2G} - 1 = \frac{2,581}{2} - 1 = 0,291$ .

Одержане значення добре узгоджується з табличним для сталі.

Запропонована методика на потребує складного обладнання (секундомір і мікромір), як при традиційних вимірюваннях деформацій, а також спеціальної підготовки зразків. Тому може бути запропонована для впровадження в лабораторний практикум.

УДК 621.793.74

Єршов А.В.<sup>1</sup>, Зеленіна О.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> д-р техн. наук, проф. ЗНТУ

<sup>2</sup> інженер служби швидкої допомоги

*Єршов А.В., Зеленіна О.А.*

### **ОСОБЛИВОСТІ КОНВЕКТИВНОГО ТА ПРОМЕНЕВОГО ТЕПЛОПЕРЕНЕСЕННЯ ПРИ ПЛАВЛЕННІ ДРОТУ У СТРУМЕНІ ПЛАЗМИ**

Для організації стабільного процесу плазмового нанесення покриттів з розпилюється дроту важливо визначити складові теплового потоку що надходить в зону плавлення дроту. Як показано в роботі [1] великий вплив на теплообмін в даних умовах надають конвекція і випромінювання плазми. Для розрахунку щільності конвективного теплового потоку на поверхні дроту при поперечному обтіканні потоком плазми була рекомендована формула для критерію Нуссельта, який визначає коефіцієнт тепловіддачі поблизу передньої критичної точки

$$Nu = \frac{\alpha \cdot d}{\lambda} = 0,57 \cdot \sqrt{Re} \cdot Pr^{0,4} \quad (1)$$

де  $\alpha$ – коефіцієнт тепловіддачі;  $d$  – діаметр дроту;  $\lambda$ – теплопровідність плазми;  $Re$  – критерій Рейнольдса;  $Pr$  – критерій Прандтля.

Наведена формула коректна тільки для верхньої або лобової поверхні дроту. Нижня або тильна поверхня дроту знаходиться в умовах відривного течії і характер теплообміну там буде іншим. Явище відриву течії обумовлено також плавленням торця дроту в результаті якого розплавлена поверхня являє площину нахилену під гострим кутом до осі дроту. При контакті цієї поверхні з циліндричною поверхнею дроту виникає різка зміна напрямку потоку яка є початком. зони відриву течії. Однак, незважаючи на турбулізацію потоку у відривній зоні течії, щільність теплового потоку в цій зоні не зростає оскільки нижня поверхня дротів не оплавляється. Причиною зменшення густини теплового струму є зростання товщини пограничного шару на тильній стороні дроту. Таким чином, основна частина теплового потоку зосереджена на поверхні розплавленого металу, яка звернена назустріч плазмовому потоку.



При визначенні променистого теплового потоку на поверхню дроту струмів плазми часто приймається за абсолютно чорне тіло [1]. Але детальні розрахунки випромінювання плазми у наближенні об'ємного випромінювання виконані згідно з рекомендаціями роботи [2], показали що для радіусу сферичного шару 2 мм плазма є оптично прозора, для якої наближення Стефана-Больцманне не виконується. Порівняння густини теплових струмів випромінювання чорного тіла  $q_{\text{ч}} \text{ Вт/м}^2$  з об'ємним випромінюванням сферичного шару 2 мм плазми –  $q_{\text{в}} \text{ Вт/м}^2$ , при густині об'ємного випромінювання –  $U, \text{ Вт/м}^3$ , наведено у таблиці.

**Таблиця 1** – Характеристики випромінювання

$T \cdot 10^3$ К.	8	10	12	14	16	18	20
$U, \text{ Вт/м}^3$	$2,2 \cdot 10^7$	$1,5 \cdot 10^9$	$1,2 \cdot 10^{10}$	$8 \cdot 10^{10}$	$1,8 \cdot 10^{11}$	$3 \cdot 10^{11}$	$4 \cdot 10^{11}$
$q_{\text{ч}} \text{ Вт/м}^2$	$2,2 \cdot 10^8$	$5,7 \cdot 10^8$	$1,2 \cdot 10^9$	$2,1 \cdot 10^9$	$3,7 \cdot 10^9$	$5,4 \cdot 10^9$	$8,2 \cdot 10^9$
$q_{\text{в}} \text{ Вт/м}^2$	$1,4 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^6$	$8 \cdot 10^6$	$5 \cdot 10^7$	$1,2 \cdot 10^8$	$2 \cdot 10^8$	$2 \cdot 10^8$
$\varepsilon$	$0,6 \cdot 10^{-4}$	0,002	0,007	0,024	0,032	0,037	0,024

На всьому інтервалі температур  $(8...20) \cdot 10^3 \text{ К}$  щільність потоку об'ємного випромінювання значно менше щільності випромінювання чорного тіла, що показує, що плазма оптично прозора. Ступінь чорноти плазми –  $\varepsilon$ , визначений як відношення щільності потоку об'ємного випромінювання до густини випромінювання чорного тіла в інтервалі температур  $(14...20) \cdot 10^3 \text{ К}$  змінюється незначно, а з пониженням температури різко падає, що пов'язано із зменшенням ступеня іонізації плазми аргону.

### ВИСНОВКИ

1. При обтіканні торця дроту, конвективний тепловий струм зосереджено на лобовий розплавленій поверхні металу, оскільки, незважаючи на більший час більший час нагріву тильній частині дроту, слідів плавлення металу у цій зоні не виявлено.

2. Показано, що сферичний шар плазми аргону радіусом 2 мм є оптично прозорим в інтервалі температур  $(8...20) \cdot 10^3 \text{ К}$ , оскільки ступінь чорноти цього шару істотно менше одиниці.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Харламов, М. Ю. Нагрев и плавление проволоки – анода при плазменно-дуговом напылении / М. Ю. Харламов, И. В. Кривцун, В. Н. Коржик, С. В. Петров // Автоматическая сварка. – 2011. - №5. – С.5–11.
2. Kapainsky J. Strahlungs transport mechanismus and Transport coefficienten in Ar / J. Kapainsky // Hochdruckboden. – 1971. - № 5. - S. 417–432.

**КІНЕТИКА ЗМІНИ ПОВЕРХНЕВОЇ ЕЛЕКТРОПРОВІДНОСТІ  
П'ЄЗОКЕРАМІКИ ЦТС ПІД ДІЄЮ ВОДНЕВОЇ ПЛАЗМИ**

П'єзокерамічні матеріали на основі твердих рошинів цирконата – титаната свинцю (ЦТС)  $\text{Pb}(\text{Zr,Ti})\text{O}_3$  на сьогодні є найбільш перспективними в виробництві п'єзоелектричних перетворювачів. Для обробки поверхні п'єзокерамічних заготовок використовують різні газові середовища. З метою використання відновлювальної середовища досліджувалось застосуванням водневої високочастотної плазми.

Дослідження проводились на промислових зразках п'єзокераміки ЦТС-36. Вимірювання поверхневої електропровідності було виконано кондуктометричним методом на постійном струмі при напрузі  $U = 10$  В. Струм вимірювали електрометром ВК2-16. Напруга подавалась від стабілізованого джерела живлення БЗ-38. Досліджувались зразки розмірами  $10 \times 7,5 \times 0,3$  мм, на поверхню яких термічним вакуумним напиленням наносились алюмінієві електроди. В якості активної газової середовища застосовували водневу високочастотну плазму.

Отримано кінетичну криву зміни питомої поверхневої електропровідності п'єзокераміки ЦТС-36 під дією водневої плазми при температурі  $T=425$  К. Аналіз цієї кінетичної кривої показує, що електропровідність ЦТС монотонно зростає і досягає насичення після 30 хвилин обробки. Зростання електропровідності ЦТС свідчить про донорний характер адсорбції атомів водню на поверхні ЦТС.

Отримана кінетична залежність питомої поверхневої електропровідності ЦТС задовільно описується експоненціальною функцією.

Встановлено, що відносна зміна електропровідності ЦТС в водневій плазмі значно більша ніж електропровідність за рахунок процесу відновлення ЦТС. Отже, основною причиною збільшення електропровідності ЦТС в водневій плазмі є хемосорбція атомів водню на поверхні і їх рекомбінація.

З урахуванням часу виходу на насичення кінетичної кривої можна рахувати час обробки  $t = 30$  хвилин оптимальним і технологічно достатнім для застосування водневої плазмової обробки поверхні п'єзокераміки ЦТС для застосування в технології виготовлення п'єзокерамічних перетворювачів.

УДК 371.315:53

Lushchin S.P.<sup>1</sup>, Sokol T.O.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> канд. фіз.-матем. наук, доц. ЗНТУ

<sup>2</sup> старш. викл. ЗНТУ

*Lushchin S.P., Sokol T.O.*

## **PARTICULARS OF TEACHING THE COURSE OF BASIC PHYSICS IN ENGLISH AT THE TECHNICAL UNIVERSITY**

Improving the quality of teaching natural sciences is a crucial aspect for the integration into a single European education system. Physics is a fundamental science that makes the basis in preparation of highly technical specialists.

Nowadays technical specialists are needed not only with deep fundamental knowledge but specialists who easily communicate in English and possess the technical terminology in their specialty.

We introduce the methods of teaching of basic physics course in English at the Technical University to achieve this goal. Lectures course of basic physics in English with simultaneous translation into Ukrainian developed, i.e. text is presented in two languages on adjacent pages. This presentation of the material stipulates for better mastering of basic physics course and special terminology.

English-Ukraine dictionary has been compiled to specify physical terms that make up minimum required for specialist in technical field.

Bilingual teaching materials for laboratory works are also developed. It allows students to learn English terminology with applied character during the performance of physical measurements when using measuring devices.

The applying of this method is very useful for foreign students as well who do not speak the Ukrainian well enough.

Practice proves that the technical specialists who speak English fluently work successfully at the major enterprises of Ukraine and in foreign countries.

Practical experience of implementation of the developed methods in teaching process allows make conclusion on expediency, feasibility and prospects applying in improving the quality of training of modern technical specialists. This experience facilitates easier integration into united European system.

*Гуляева Т.В.*

**СВОЙСТВА ПОСТОЯННЫХ МАГНИТОВ СИСТЕМЫ ND-Fe-B  
ЛЕГИРОВАННЫХ Cu, Ti, С ПОЛУЧЕННЫХ ПОРОШКОВЫМ  
МЕТОДОМ ИЛИ СПЕКАНИЕМ ПЛЕНОК В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОГО  
ДАВЛЕНИЯ**

В работе приведен ряд экспериментальных исследований изучающих влияние легирующих элементов меди, титана и углерода на структуру, фазовый состав и магнитные свойства постоянных магнитов Nd-Fe-B, полученных как порошковым методом, так и с использованием продуктов закалки из жидкого состояния [1, 2]. В первом случае медь в количестве от 1 до 4% ат. вводилась в сплав на стадии выплавки. Состав сплава –  $\text{Nd}_{16}\text{Fe}_{76-x}\text{B}_8\text{Cu}_x$  ( $x=1-4\%$  ат). Установлено, что после традиционной переработки сплава (дробление и спекание в вакууме) в готовых магнитах присутствуют фазы:  $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ ,  $\text{Nd}_{11}\text{Fe}_4\text{B}_4$ , (Nd-rich), а также интерметаллид  $\text{Nd}(\text{FeCu})$ , изоструктурный равновесному  $\text{NdCu}$  (Pnma). Коэрцитивная сила  $H_{ci}$  и потокоцепление  $W$  магнитов при увеличении содержания меди до 2 ат% возрастают ( $H_{ci}$  до 1260 кА/м,  $W$  до 58,9 мВб). При увеличении содержания меди больше 2 ат%  $H_{ci}$  и  $W$  проходят через max а затем незначительно уменьшаются. В этом же интервале концентраций от 1 до 4 ат% меди происходит незначительное снижение  $B_r$  от 1,25 Тл до 1,15 Тл.

В другом методе эти же сплавы с добавлением легирующих элементов С, Cu, Ti ( $\text{Nd}_{15,2}\text{Fe}_{75,4-x}\text{C}_x\text{B}_{6,7}\text{Cu}_{1,3}\text{Ti}_{1,3}$  ( $x = 0,1 \dots 1,0\%$  ат.)) после легирования подвергались закалке из жидкого состояния. Полученные пленки в исходном состоянии содержат аморфную фазу, а также кристаллические фазы  $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}(\text{P4}_2/\text{tnt})$  и  $\text{NdCu}_2(\text{Imma})$ . Продукты закалки использовали для изготовления магнитопластов. Оказалось, что магнитопласты обладают значительной коэрцитивной силой до 1400 кА/м при невысоких  $B_r = 0,5$  Тл.

В дальнейшем для установления влияния внешнего давления на структуру и свойства спеченных компактов, пленки помещали в пресс-форму, и перед спеканием сжимали под прессом (0,5...12 МПа), пресс-форму фиксировали с помощью болтов и в сжатом состоянии и помещали в вакуумную печь для спекания. За счет разницы коэффициентов линейного расширения болтов и пресс-формы при нагревании создавалось дополнительное давление на образец, которое, согласно теоретическим расчетам, достигает 0,9 ГПа. Анализ компактов, спеченных при температуре 1323 К, показал, что аморфная составляющая кристаллизуется, а кристаллические фазы  $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$  и

NdCu<sub>2</sub> в условиях спекания под давлением значительно увеличивались в размерах. Снижение температуры спекания от 1323 К до 1013 К способствует уменьшению размеров фазы типа NdCu<sub>2</sub>. Образовавшиеся наноразмерные (<0,05 мкм) частицы фазы NdCu<sub>2</sub> способствуют торможению границ доменов, что, в свою очередь, повышает коэрцитивную силу спеченных компактов от 200 до 1350 кА/м [3].

Таким образом, в случае изготовления анизотропных магнитов порошковым методом, которые содержали элементы: медь, углерод, титан, причиной увеличения коэрцитивной силы является подавление зародышей доменов обратной намагниченности, во втором – торможение границ доменов на неферромагнитных включениях. Установлена зависимость  $H_{ci}$  магнитов и магнитопластов от содержания углерода в исходном сплаве. Показано, что добавки углерода от 0,1 до 0,4% ат. способствуют увеличению коэрцитивной силы от 160 кА/м до 1350 кА/м.

### ВЫВОДЫ

1. Закалка из жидкого состояния сплавов на основе Nd<sub>15,2</sub>Fe<sub>75,4-x</sub>C<sub>x</sub>B<sub>6,7</sub>Cu<sub>1,3</sub>Ti<sub>1,3</sub>, приводит к формированию фаз с ограниченной метастабильностью Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B и NdCu<sub>2</sub>, минуя равновесные реакции.

2. Титан как классический модификатор приводит к резкому измельчению структуры первичных кристаллов, а также способствует зарождению и кристаллизации сложной фазы на основе меди.

3. В условиях высокого давления максимум коэрцитивной силы приходится на состав с углеродом  $x=0,3...0,51$  ат%, за счет максимальной диффузии углерода, меди и титана в области несовершенств и создания препятствий смещению границ доменов.

### ЛИТЕРАТУРА

1. G. Brekharya, V. Savin, A. Bovda, V. Bovda, E. Kharitonova. Carbon reinforced Nd-Fe-B magnets // 18th Workshop on High Performance Magnets & their Applications(HPMA'04). – Annecy, France, 2004. – V.1. – P.167–172.

2. G. Brekharya, E. Kharitonova, A. Bovda, V. Bovda. Research into the influence of copper, carbon and titanium on the properties of permanent magnets based on Fe76Nd16B8 alloy // Proceedings of the 21st of the Workshop on Rare-Earth permanent magnets and their application – Bled, Slovenia, 2010. – P.236-239.

3. Брехаря, Г. П. Вплив зовнішніх тисків на структуру та магнітні властивості спечених магнітів / Г. П. Брехаря, Т. В. Гуляєва, Е. А. Харитонова, Т. І. Прибора // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. - 2013. - №1. - С.23–27.

## **ВИВЧЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТВЕРДИХ ТІЛ У ЛАБОРАТОРНОМУ ПРАКТИКУМІ КУРСУ ЗАГАЛЬНОЇ ФІЗИКИ**

Вивчення законів постійного струму в лабораторному курсі загальної фізики для вищої школи зазвичай зводиться до вивчення закону Ома в інтегральній формі та визначення питомого опору провідника. Однак, механізм протікання струму в провіднику в цьому випадку практично не розглядається. Використовуючи стандартну установку можна сформулювати завдання до роботи таким чином, щоб студенти могли більш глибоко вивчити природу постійного електричного струму в металі і дослідити на практиці закони, засновані на класичній електронній теорії електропровідності металів. Як відомо, наслідками цієї теорії є закон Ома і закон Джоуля - Ленца в диференціальній формі. Вивчення цих законів є важливим ще й тому що, в курсі фізики середньої школи ці закони не вивчаються, але використовуються як базові при подальшому навчанні студентів у різних прикладних курсах. Сформулювати завдання для лабораторної роботи з вивчення закону Ома в диференціальній формі пропонується у вигляді наступного алгоритму.

1. Виміряти силу струму і напругу на ділянці кола, використовуючи стандартну установку, як це роблять при вивченні закону Ома в інтегральній формі.

2. Розрахувати густину струму, розрахувавши площу поперечного перерізу провідника за величиною діаметра, і напруженість поля на ділянці ланцюга, вимірявши довжину провідника.

3. Побудувати графік залежності густини струму від напруженості і переконатися, що закон Ома в диференціальній формі виконується.

4. Розрахувати за допомогою отриманого графіка питомий опір або питому електропровідність провідника.

5. Розрахувати середню і максимальну швидкість спрямованого руху електронів у провіднику, використовуючи відомі значення густини струму, табличне значення концентрації вільних електронів у металі і заряд електрона.

Завдання до лабораторної роботи можна сформулювати у вигляді набору завдань, розрахункові параметри для яких студенти вибирають з отриманих експериментальних даних. Це тим більше важливо, що в сучасних умовах

навчання відбувається скорочення обсягу аудиторних годин та заняття з розв'язування задач практично зникли з розкладу.

В якості прикладу такого формулювання завдання можна запропонувати наступні завдання.

1. Знайти кількість електронів, які пройшли за 1 секунду через поперечний переріз провідника, використовуючи одне із значень густини струму і розрахувавши поперечний переріз провідника по виміряному значенню його діаметра.

2. Визначити силу, яка діє на електрони в провіднику з боку електричного поля для одного з значень густини струму (взяти з таблиці вимірювань) і знайденого за графіком залежності густини струму від напруженості електричного поля, значення питомого опору.

Для контролю теоретичних знань і для самостійної роботи по темі «Закон Ома в диференціальній формі» можна використовувати тести. Наведемо приклади контролюючих тестів.

Тести на вибір однієї правильної відповіді.

1. Питомий опір провідника

- а) обернено пропорційно напруженості поля та густині струму;
- б) прямо пропорційно напруженості поля та густині струму;
- в) прямо пропорційно напруженості поля і обернено пропорційно густині струму;
- г) прямо пропорційно густині струму і обернено пропорційно напруженості поля.

2. При протіканні постійного струму по провіднику електрони провідності

- а) рухаються хаотично ;
- б) рухаються тільки впорядковано ;
- в) рухаються одночасно хаотично і впорядковано ;
- г) залишаються нерухомими.

Тести на відповідність.

2. Встановити відповідність

- 1. Густина струму це ...
- 2. Питомий опір це ...
- 3. Питома електропровідність це ...
- 4. Сила струму це ...
- а) величина обернено пропорційна питомому опору;
- б) опір одиниці об'єма провідника;
- в) заряд, що проходить за 1 с через поперечний переріз провідника;
- г) заряд, що проходить за 1 с через одиницю площі провідника.

## **МОВНІ ПОМИЛКИ ЯК РЕЗУЛЬТАТ ІНТЕРФЕРЕНЦІЇ НА РІВНІ МОРФЕМИ**

При вивченні англійської мови багато студентів зустрічаються з проблемою вибору конструкцій, які видаються повністю синонімічними та взаємозамінними. Високий рівень знання мови дозволяє відчутти відмінності структурного, семантичного або стилістичного характеру між тими чи іншими нібито повністю дублетними формами.

Однак мають місце стійкі помилки у процесі оволодіння англійською мовою. З фактичного матеріалу, зібраного при навчанні англійської мови на економічному і технічних факультетах ЗНТУ видно, що 80% помилок мають лексичний або граматичний характер, інші – граматичний та фонетичний. Мовні помилки фіксувалися під час практичних занять, іспитів, у письмових роботах студентів. Вивчення мовних помилок є принципово важливим, оскільки дає уявлення про проміжну мовну систему студента, який навчається в певній стадії її функціонування і необхідно для проведення аналізу помилок, щоб побачити, як далеко просунувся студент до цілей навчання, і що йому слід ще вивчити.

У лінгвістиці існує думка, згідно з якою перенесення настільки сильно пов'язаних морфем, як флексії зустрічається вкрай рідко. Словник є найбільш чутливим для впливу зовнішнього середовища, за ним йдуть звуки, синтаксис і лише потім морфологія. Однак, такі явища можна спостерігати рідко тому, що їх шукали у мові, а не у мовленні. При більш ретельному аналізі можна буде виявити велику кількість явищ перенесення сильно пов'язаних морфем. Ця позиція знаходить підтвердження у психолінгвістичних дослідженнях.

Аналіз мовних помилок свідчить про те, що афікси є психологічно окремими одиницями, що зберігаються в нашій свідомості.

У наших розумових словниках зберігаються не окремі морфологічні форми однокореневих слів, а правила вживання афіксів, тому, перебуваючи в стані депресії або просто нервового стомлення, ми порушуємо ці правила іноді навіть в рідній мові. Носії англійської мови теж роблять помилки у вживанні афіксів, якщо перебувають у стані нервового стомлення (ср., \*motionly-motionless, \*bloodent-bloody, та інші.).

Особливі труднощі в цьому плані виникають при вивченні мов флективного типу. Проте, дослідження психологів і сама практика вивчення мови показують що, і в англійській мові правила вживання суфіксів дериватів, які



не є регулярними, представляють певну трудність для тих, що вивчають іноземну мову.

Це припущення підтверджується аналізом мовних помилок студентів, який показав, що у ряді випадків в мові учнів зустрічаються слова, морфологічна структура яких неоднорідна, а саме:

– утворення ступенів по аналогії з переважною більшістю прикметників *mucher – more, littler – less, badder – worse, farrer – father, importantest – most important, difficultest – most difficult, remarkablest – most remarkable* та інші.

– змішення суфіксів іменників: *cruelness – cruelty* (за аналогією із *fondness, tenderness* та інші.), *foolness – foolishness, heroicness – heroism, \*chanceful – changable, \*playwriter, \*cooker – playwright, cook* (за аналогією *writer, reader, singer*). Тут можлива і міжмовна інтерференція за аналогією з німецькою мовою.

– утворення форм минулого часу неправильних дієслів за аналогією із правильними дієсловами: *he meeted Jemma, he writed his novel, she leaved the school, my elder brother \*teached me to skate, it never \*stricked their minds, the shop-assistant holded the coat before the girl.*

– вживання форми минулого часу або дієприкметника II у функції інфінітива або теперішнього часу: *he decided to married her, she promised to sung, she began to drank, she began to wept, he is going to went.*

Як показують наведені приклади, випадки інтерференції на рівні морфеми одиничні, всі вони (виключення представляє слово *talentfull*, яке може розглядатися як результат міжмовної інтерференції, що виникає під впливом корелята *talentvoll* в німецькій мові) є результатом супергенералізації, що підтверджує приведена вище думка лінгвістів про практичну неможливість міжмовної інтерференції на рівні морфеми.

УДК 811.112.2'373.42

Рябенко Г.А.

викл., ЗНТУ

*Рябенко Г. А.*

### **ТРУДНОЩІ ОВОЛОДІННЯ ОДИНИЦЯМИ, ЯКІ ОПИСУЮТЬ КОНЦЕПТ «ЧАС» ПРИ ВИВЧЕННІ НІМЕЦЬКОЇ МОВИ**

При вивченні іноземної мови трапляються помилки під час вживання та перекладу слів, семантична структура яких відрізняється від структури відповідних слів рідної мови. У даному випадку ми маємо справу з явищем інтерференції, яка представляє собою у психологічному плані таку взаємодію навичок, коли попередньо набуті навички впливають на створення нових навичок, які, до речі, не відповідають нормам виучуваної мови. Інтерференція породжує як інтерлінгвістичні (фонетичні, лексико-граматичні, синтакси-

чні), так і дискурсивні, соціокультурні перешкоди в міжкультурній комунікації. Частотність виникнення явищ інтерференції та позитивного перенесення залежить від:

- рівня мовленнєвого розвитку людини у рідній мові та усвідомленого володіння нею;

- рівня володіння людиною іноземною мовою: чим вищий рівень володіння іноземною мовою, тим менше явищ інтерференції виникає у людини і тим більше з'являється можливостей для трансференції. При вивченні лексики порушення норм ми спостерігаємо доволі часто, головним чином, при неспівпаданні семантичних сфер відповідних лексичних одиниць та при відмінності фразеологічних зв'язків.

Концепт «Час» належить до ключових концептів німецької лінгвокультури і відіграє дуже важливу роль у сприйнятті чужої національної культури у процесі вивчення іноземної мови. З приводу реалізації концепту існує думка, що для лінгвокультурології не є релевантним ототожнення концепту з окремим словом або словозначенням, а також класифікація концептів за лексико-фразеологічною ознакою. До того ж самого концепту можна апелювати за допомогою мовних одиниць різних рівнів: лексем, фразеологізмів, вільних словосполучень, речень. Найактуальніші концепти отримують реалізацію не лише у вербальних, але й у невербальних одиницях. Так, у рамках німецькомовної комунікації до концепту «Час» можна апелювати за допомогою лексичних одиниць: Sekunde, Minute, Stunde, Tag, Woche, Monat, Jahr, Zeit, Epoche, Zeitspanne, Altertum, Vergangenheit, Gegenwart, Zukunft, Jahreszeit, Nacht, Morgen, Abend, Wochentage, Wochenende, Jugend, Kindheit, Betagtheit, Ferien, Werktage, Studium, Weihnachten і т.д.; фразеологізмів: wenn der Fuchs und der Hase einander «Gute Nacht» sagen, die Sternstunde; von klein auf, seit frühester Kindheit, von der Wiege, in der letzten Minute, die ersten Schritte; bis zum Nimmerleinstag, als der Alte Fritz noch Gefreiter war; jeden Augenblick, am helllichten Tage, von Tag zu Tag, keine freie Stunde haben і т. д. До цього ж концепту можна апелювати пара-лінгвістичними засобами: жестом схрещування рук перед грудьми з піднятими до гори долонями., що означає треба закінчувати будь-яку діяльність, оскільки час скінчився.

Не маючи певних фонових знань, часто припускаються помилок, пов'язаних з соціокультурною інтерференцією. Наприклад, вибір відповідника прислівнику «зараз». Українські слова не включають в себе семантичного компонента, який вказує на взаємовідношення моменту дії з певним часом і може означати момент, в якому відбулось, відбувається або буде відбуватися дія, в той час як у німецькій мові прислівник jetzt співвідноситься з теперішнім часом, eben – з минулим, а gleich – з майбутнім. Порівняємо: Укр. – Він зараз вдома? Нім. – Ist er jetzt zu Hause? Укр. – Він щойно був тут? Нім. – War er eben hier? Укр. – Він зараз прийде? Нім. – Kommt er gleich? Типовою по-

милкою є, наприклад, відповідь на питання *Wo ist Herr Schmitt? Er kommt jetzt. Er war gleich hier.*

Аналогічні порушення мовної норми трапляються при перекладі німецьких відповідників прийменника «через» (*in, nach*). Причина того незнання, що *in* використовується у мовленні, коли мова йде про подію, яка повинна статися в майбутньому, а *nach* – коли йдеться про подію, яка вже відбулася: *In zwei Stunden bin ich mit meiner Aufgabe fertig. Nach zwei Stunden war ich mit meiner Aufgabe fertig.* При вказівці на те, що подія відбувається в даний момент, крім прислівника *jetzt*, використовується ще й прислівник *nun*, який має додатковий семантичний компонент – вказівку на співвіднесеність дії в теперішньому часі із завершенням іншої дії в минулому. Цю відмінність обов'язково потрібно брати до уваги, оскільки часто на заняттях використовуються речення такого змісту : *Укр. – А зараз перейдемо до... або А зараз давайте...Нім. – Gehen wir nun zur nächsten Übung über! Nun wollen wir..., а не Und jetzt lesen Sie!*

Способи апеляції до одного й того ж концепту в різних культурах, як правило, різні. Саме це й становить перешкоду у між культурній комунікації. Механізм переборення соціокультурної інтерференції реалізується на заняттях з іноземної мови завдяки формуванню відсутніх знань, надбудовуванню знань, яких бракує та корекції викривлених знань.

УДК 81'271.14

Суворова Т. М.

старш. викл.,ЗНТУ

*Суворова Т. М.*

## **ІНТЕРФЕРЕНЦІЯ В СФЕРІ ГРАМАТИКИ І ФОНЕТИКИ ЯК НАСЛІДОК ДВОВОМНОСТІ**

Мета даної статті передбачає розгляд явища міжмовної граматичної та фонетичної інтерференції в умовах білінгвізму. Розглядаючи явище граматичної інтерференції важливо відзначити, що даний вид інтерференції виникає у разі зміни правил розстановки, узгодження, вибору або обов'язкового застосування граматичних одиниць, або коли правила, обов'язкові з точки зору граматики однієї мови не спрацьовують через їх відсутність у граматиці іншої мови. Було розглянуто вплив німецької мови на носіїв англійської мови в Швейцарії.

Найбільш типові прояви граматичної інтерференції виражаються в наступному:

Заміна англійської конструкції родового відмінка з використанням апострофа відповідною німецькою конструкцією без апострофа. *Buildings design* замість *building's design*.

Використання апострофа і суфікса-s для позначення множини іменників. Book's замість books.

Опущення і заміна прийменників в результаті проведення аналогій між двома мовами.

Mondays замість on Mondays.

Im 2012 замість in 2012.

Помилки в написанні слів, утворених шляхом словоскладання. Book-shop замість book shop.

Побудова англійських тимчасових конструкцій за аналогією з німецькими.

The flight was gecancellt замість The flight was cancelled.

Відміна прикметників та узгодження їх з іменниками в англійській мові, як це властиво німецькій мові.

A goodes book замість a good book.

Утворення дієприкметників від прикметників шляхом додавання суфікса -ly і їх некоректне використання.

I hardly worked (я ледь працював) замість I worked hard (я працював сумлінно).

Використання семантично некоректного вітального вислову. How goes it? How do you? замість How are you? How do you do? Порівняйте з нім. Wie geht es?

Порядок слів у реченнях.

In 2010 worked he there замість In 2010 he worked there.

У німецькому реченні дієслово, як правило, ставиться на друге місце. Якщо дотримуватися даного параметра в англійській мові, то виникає синтаксична інверсія, яка переслідує певні стилістичні і прагматичні наміри того, хто говорить.

Побудова негативних речень. He took it not замість He didn't take it

Порівняйте з нім. Er nahm das nicht.

Субституція закінчень англійських дієслів відповідними німецькими.

He drinkt замість He drinks.

She playte замість She played.

Використання англійського модального дієслова must у випадках, коли використовується німецьке müssen.

The doctor says I must go to the seaside замість The doctor says I should ('d better) go to the seaside.

До найбільш типових явищ інтерференції на фонетично-фонологічному рівні в мовленні російськомовних українців можна віднести наступні:

– відсутність типової для російської мови квалітативної редукції ненаголошених голосних:

– *танки грязи не б[о]ются* замість *б[л]ются*;

- $\delta[o]$  *завтра* замість  $\delta[\Lambda]$  *завтра*;
- замість проривного г произноситься фрикативний  $\gamma$ ;
- а я тебе  $[\gamma]$ оворил замість  $[g]$ оворил;
- дзвінкі приголосні перед глухими і в кінці слова вимовляються дзвінко:  
не *рассказывай мне ска* $[z]$ *ку* замість *ска* $[s]$ *ку*; *де* $[d]$  замість *де* $[t]$ ;
- приголосний звук в кінці слова и перед глухими приголосними вимовляється як український  $[\ddot{y}]$ , а не як російський  $[f]$ : *у нас любо*  $[\ddot{y}]$  *с ним* замість *любо* $[f]$ .

Тема вивчення явищ інтерференції в контексті білінгвізму викликає великий інтерес серед сучасних лінгвістів, тому даний аспект потребує повноцінного дослідження в інших рівнях реалізації.

УДК 801.4: 801.52

Соболь Ю.А.

доц., зав. каф. ин. яз, ЗНТУ

*Соболь Ю.А.*

## **ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ КАК СЛЕДСТВИЕ АСИММЕТРИИ КОНТАКТИРУЮЩИХ ЯЗЫКОВ**

Интерференция, то есть нарушение билингвами языковых норм одного языка под влиянием другого, возникает в условиях языкового контакта. Под языковым контактом мы будем понимать как речевое общение между двумя языковыми коллективами, так и учебную ситуацию (В.Н.Ярцева), поскольку местом языкового контактирования и возникновения вследствие этого интерференции является сознание билингва. Щерба Л.В. следующим образом охарактеризовал сущность процесса интерференции: человек, усваивающий неродной язык, бессознательно переносит систему действующих правил, программу речевого поведения из родного языка на изучаемый. Э. Хауген определяет интерференцию как лингвистическое частичное совпадение, при котором языковая единица оказывается элементом двух систем одновременно, или как наложение двух систем.

Поскольку интерференция возникает в результате структурных расхождений между двумя контактирующими языковыми системами, анализ языковых различий позволяет установить с достаточной степенью вероятности возникновение ошибок, или отклонений от языковых норм в речи билингвов. Эти явления наблюдаются на всех языковых уровнях:

фонетическом (*industry*  $[In'dUstrI]$  вместо  $[In'dAstrI]$ , *cycle*  $[sIkI]$  вместо  $[saIkI]$ ;

– орфографическом ( *metall* вместо *metal*, *telefone* вместо *telephone*;

– лексическом (примерами такой интерференции являются «ложные друзья переводчика» – *airline*, используемое в значении «авиалиния», а не «авиакомпания», *electric* – в значении «электрик», а не «электрический»; *magazine* – в значении «магазин», а не «журнал»);

– семантическом (*black chocolate* вместо *dark chocolate*, *the first floor* вместо *the ground floor*, *big finger* вместо *thumb*);

– фразеологическом (*I want to eat/drink* вместо *I'm hungry/thirsty*)

– синтаксическом (*I feel myself well* вместо *I feel good*, *He said he will come* вместо *He said he would come*);

– социокультурном (в ответ на *thank you* вместо *welcome* звучит *please*);

– стилистическом (*of course* вместо *sure, certainly*) и др.

Изучение и сопоставление сходств и различий в структурах контактирующих языков позволяет понять процесс их взаимодействия и взаимовлияния в сознании билингва, предвидеть и предотвратить ошибки, вызванные межъязыковой интерференцией.

УДК 81'253=161,2=111

Курилова Л.В.

викл., ЗНТУ

*Курилова Л.В.*

## ГРАМАТИЧНА ІНТЕРФЕРЕНЦІЯ ПІД ЧАС ПЕРЕКЛАДУ З УКРАЇНСЬКОЇ МОВИ НА АНГЛІЙСЬКУ

Мета статті – установлення основних причин виникнення явища інтерференції на граматичному рівні під час перекладу з української мови на англійську шляхом визначення умов виникнення білінгвізму, з'ясування сутності й механізмів породження інтерференції, розкриття особливостей граматичної інтерференції під час перекладу.

У сучасному науковому розумінні, інтерференція – взаємодія мовних систем за двомовності, яка виникає в процесі мовних контактів або як наслідок індивідуального засвоєння нерідної мови.

Слід зазначити, що найчастіше інтерференція проявляється саме під час перекладу з рідної («сильнішої») мови на нерідну («слабшу») мову. Це, звичай, пов'язано з тим, що у внутрішньому мовленні людина завжди звертається до рідної мови й зіставляє з нею те, що вивчає.

У межах **граматичної інтерференції** виділяють морфологічну, синтаксичну та пунктуаційну. Граматичними особливостями, які можуть спричиняти появу інтерференції за М.О. Кур'яною, є:

а) розбіжності в граматичній будові мови;

б) різний обсяг змісту;

в) різні функціональні характеристики ( наприклад різні форми однини та множини);

г) відмінне частотне навантаження активного та пасивного стану, дійсного й умовного способів, інфінітивних конструкцій тощо;

д) різне сполучення слів. Наприклад, під час перекладу з української мови слова, які в англійській мові мають лише форму однини (наприклад, *advice, money*), набувають форми множини. Цим типом інтерференції також спричинене неправильне вживання граматичного часу, закінчень, артиклів і таке інше. Так у реченні *It is clear whose faces was separated by the hyperplane*, замість дієслова *were* , яке вживається із множиною, використано неправильну форму минулого часу дієслова *to be*.

Ще однією поширеною помилкою є вживання двох заперечень в англійському реченні за аналогією з українським *Nobody knows nothing about it*, замість *Nobody knows anything about it*. Крім того, частим є неправильне використання прийменників: *збільшувати на 10% - to increase by 10% ( a ne on 10% ), установити на нуль - to set to zero ( a ne on zero )*.

Значні відмінності в граматичних мовних системах, які аналізуються, пов'язані насамперед із тим, що англійська мова належить до аналітичного типу мов, оскільки в англійському розповідному реченні ( за винятком емпатичного) існує, як відомо, чіткий порядок слів: підмет (із пояснювальними словами); присудок (із пояснювальними словами); додаток ( зі стилістичних міркувань в окремих випадках може стояти на початку речення, перед групою підмета), наприклад: *An ideal capacitor is characterized by a single constant value and capacitance*. Українська мова, навпаки, належить до синтетичного або флективного типу й передає граматичні значення за допомогою флексій. Отже в українській мові, порівняно з англійською, порядок слів є більш вільним, наприклад: *На основі отриманих експериментальних даних установлений закон зміни коефіцієнта опору. – Закон зміни коефіцієнта опору установлений на основі отриманих експериментальних даних*.

Тому під час перекладу помилки часто виникають саме через неправильне розміщення слів в англійських реченнях. *Велике значення для забезпечення високого наукового рівня досліджень мали цільові програми НАН України, які були сформовані на конкурсних засадах. – Of great significance for ensuring high scholarly level of research were target NAS programs, which were formed on competitive principles* ( підмет і присудок помилково вжито наприкінці головного речення ).

Ще однією помилкою у вищезазначеному реченні є неправильна розстановка розділових знаків, спричинених *пунктуаційною* інтерференцією, яка в межах досліджуваних мов проявляється, переважно, у неправильному використанні ком та лапок. Наприклад, під час перерахування однорідних членів речення кома в англійському реченні стоїть і після останнього слова. *The*

*vapours commonly used are carbon dioxide, sulphur dioxide, and ammonia.* – Широко використовують такі гази: вуглекислий газ, сірчаний газ та аміак.

Крім того, в українській мові підрядне речення завжди відокремлюється комами від головного речення, що не характерно для англійської мови: *The historic changes that have occurred in Asia are of cardinal significance.* – Історичні зміни, які сталися в Азії, мають першочергове значення.

У випадках, коли підрядне речення передує головному, воно відокремлюється комами і в англійській мові, наприклад: *If you added less acid, the reaction would not be so violent.* – якби Ви додали менше кислоти, реакція не була б такою бурхливою.

Слід пам'ятати і те, що кома в англійській мові вживається для розділу тисячних одиниць від сотих, що є стороннім для української мови: 2,700 в англійській – 2700 в українській мові.

У висновку хочу зауважити, отже, дуже важливо приділяти увагу розбіжностям в пунктуаційних правилах рідної та іноземних мов, бо навіть маленька кома може призвести до викривлення змісту в професійно орієнтованому перекладі.

УДК 811.111

Кузьменко В.Г.

старш. викл., ЗНТУ

*Кузьменко В.Г.*

## **ГРАМАТИЧНА ІНТЕРФЕРЕНЦІЯ В ПРОФЕСІЙНО ОРІЄНТОВАНИХ КОМУНІКАЦІЯХ ТА ПЕРЕКЛАДІ**

Особливе місце серед інших видів інтерференції займає граматична інтерференція, яка проявляється в письмовому та усному перекладах. Різні юридичні, наукові та технічні документи, розпорядження, інструкції, листування і т.п. складаються відповідно до визначених правил і мають цілий ряд граматичних особливостей, які разом із звичайними граматичними розходженнями в  $M_1$  та  $M_2$  являються причиною граматичної інтерференції.

Вітчизняні та зарубіжні лінгвісти розпізнають два види граматичної інтерференції: морфологічну та синтаксичну. Морфологічна інтерференція може мати місце не тільки на рівні морфем, а практично з усіма частинами мови: іменниками, дієсловами, прислівниками, числівниками, сполучниками та вигуками в  $M_1$  і  $M_2$ . Слід підкреслити, що найбільшої інтерференції зазнають дієслова, які в кожній мові знаходяться під контролем визначених правил. Порушення цих правил часто приводить до інтерференції.

На початковому етапі вивчення мови ті, хто вивчає мову, забувають ставити закінчення «s» в дієсловах у 3-ій особі однини теперішнього часу, плутають основні часові форми дієслів:



*The researcher carries out the experiments.*

*The situation is being examined.*

У останньому реченні використовується продовжений час у пасивному стані, який представляє певну складність для комунікантів, тому що в українській мові немає продовженого часу, і це речення перекладається комунікантами без уваги на це:

*The situation is examined.*

Україномовні комуніканти зазнають труднощів із використанням форм Perfect, Continuous та Perfect Continuous, особливо в пасивному стані, в майбутньому часі, які часто використовуються в професійно орієнтованому перекладі.

Наприклад:

1. До п'яти годин випробування будуть завершені.

*The tests will have been completed by 5 o'clock.*

Комуніканти перекладають: ... *will be completed* ...

2. Що ви робили о 6 годині вчора?

*What were you doing at 6 o'clock yesterday evening?*

Комуніканти використовують простий минулий час:

*What did you do ...*

3. Ви чекаєте управляючого з ранку?

*Have you been waiting for the manager since morning?*

Комуніканти використовують перфектний або просто продовжений час:

*Have you waited ...? або Were you waiting ...?*

Особливих труднощів комуніканти зазнають при використанні узгодження часів:

Він сказав, що не знає цю людину. *He said that he didn't know that man.*

Комуніканти часто перекладають «не знав».

Немалі труднощі в англійській мові займають модальні дієслова та їх еквіваленти:

Відповідно до контракту товар повинні поставити двома партіями. *According to the Contract the goods are to be delivered in two lots.*

Замість еквівалента *to be to* комуніканти використовують *must*.

Аналогічна ситуація складається і з модальними еквівалентами *to have to, to be able to*.

Найбільшої інтерференції зазнає умовний спосіб, якому в англійській мові відповідають форми Subjunctive I, Subjunctive II, Conditional та Suppositional.

Наприклад:

Якби управляючий був зараз тут, він би підписав ваші документи.

*If the manager were here now, he would sign your documents.*

Ще складніше справа з використанням умовного способу у минулому часі:

Якби ви підписали контракт під час наших останніх перемовин, ми б уже поставили це обладнання.

*If you had signed the contract during our last talks, we would have delivered this equipment to you.*

Ми б не просили вас змінити термін поставки, якби в цьому не було необхідності.

*We would not have asked you to change the terms of delivery if it were not necessary.*

Наведені речення дуже часто зазнають інтерференції, перекладаються з відхиленнями від норм як починаючими так і професіональними перекладачами.

Необхідно підкреслити, що всі перфектні конструкції являються складними для комунікантів, тому що в українській мові такої часової форми нема і при перекладі завжди необхідно підкреслювати завершеність дії до вказаного моменту.

Інтерференції зазнають також і неособові форми дієслова: інфінітив, герундій та дієприкметник, як при перекладі з української на англійську так і навпаки.

Звинувачуваний був радий, що його виправдали.

*The defendant was glad to have been acquitted.*

Комуніканти перекладають другу частину речення не перфектним інфінітивом, а підрядним реченням без узгодження часів.

При перекладі може також проявлятися інтерференція інфінітивних конструкцій:

*The pilot didn't want to be searched.*

Пілот не хотів щоб його обшукували.

Комуніканти перекладають: Пілот не хотів бути обшуканим.

*He didn't seem to be worried about the outcome of the trial.*

Здавалось, що його не турбує висновок судового розслідування.

Комуніканти перекладають: Він не здавався, що турбується...

Він здавався, що не турбується...

Особливий інтерес із неособових форм представляє інтерференція герундія. Це пояснюється тим, що в українській мові такої форми нема. Крім того в англійській мові є ще дві частини мови, що мають закінчення -ing. Це дієприкметник та іменник. Тому завжди треба показувати різницю між цими частинами мови.

Після багатьох англійських дієслів вживається герундій, але якщо в українському реченні іде інфінітив, то комуніканти схильні і вживати інфінітив:

*Go on (continue) to work! замість working!*

Перфектно-пасивний герундій вживається дуже рідко, але і більше усіх зазнає інтерференції:

Професор був незадоволений тим, що його потурбували під час роботи.

*The professor was not pleased for having been disturbed during his work.*

Комуниканти перекладають: ...*for being disturbed* ...

Дієприслівник (Participle II) також інтерферує при перекладі і приводить до появи незвичайних означень (прикметників) під впливом англійської:

*echoed signal* – відбитий сигнал, перекладають «ехнутий»

*the travelled distance* – пройдена відстань, перекладають «проїхана».

Щоб мати загальну картину інтерференції, необхідно розглянути інтерференцію і на інших рівнях мови.

УДК 81'271.14

Сивачук О.М.

викл. ЗНТУ

Сивачук О.М.

## **ФОНЕТИЧНА І ГРАМАТИЧНА ІНТЕРФЕРЕНЦІЯ В КОМП'ЮТЕРНОМУ ЖАРГОНІ**

Однією з особливостей стану сучасної української мови є посилення ролі англomовних елементів. Англійська мова проникає, головним чином, через професійні жаргони, в першу чергу, комп'ютерний. Опанування професійною комп'ютерною лексикою здійснюється шляхом інтерференції, тобто накладання двох мовних систем: англійської на українську. При цьому має місце проникнення «хвиль», які виходять з англійської мови, в «мережі», і які є задані системою української мови; в процесі цього контакту англійська мова виступає як суперстрат, а українська як субстрат. Цей процес охоплює різні рівні мови. «Хвилі», які виходять з англійської мови, поділяються на два потоки: один йде через фонетику, тобто засвоєння англійського слова відбувається через його звукову форму, другий потік іде через семантику, тобто безпосередньо через зміст, не торкаючись первинної звукової оболонки мовної одиниці.

Особливістю комп'ютерного жаргону є ігрові способи формування його одиниць. Оскільки носієм жаргону, в першу чергу, виступає молодь, людяна функція жаргонного словотворення виходить на передній план. Таким чином, поряд з традиційними способами фонетичного засвоєння іноземних слів через транскрипцію, тобто орієнтуючись на вимову мови -джерела (наприклад, бейсик Basic, віндоз Windows, гейм game), або через транслітерацію за допомогою орфографії (гама game, гамовер Game Over), використовуються також ігрові способи: через графічне наближення до українського алфавітного прочитання тут вже має місце інтерференція графічних систем взаємодію-

чих мов, наприклад: Басік (Basic), зухель (Zухel «модем фирмы Zухel»). Варіантом останнього прикладу можна вважати набір англійської аббревіатури українськими літерами, коли кодова відповідність задана клавіатурою комп'ютера (PLS ЗДІ, RE від reply КУ).

Зазвичай етап фонетичного засвоєння обумовлює наступний етап граматичне засвоєння. При цьому має місце включення лексеми до української парадигми словозміни. Однак не завжди відбувається повне морфологічне оформлення. Деякі іменники можуть певний час зберігати невідмінюваність, наприклад Інтернет.

Повне граматичне засвоєння передбачає заповнення словотворчої ділянки, коли навіть від невідмінюваних іменників можливо утворити прикметники (наприклад, інтернетовські сайти).

Отже, процес інтерференції охоплює різні рівні мови і характеризується різною інтенсивністю. Англійські лексеми, попадаючи в тенета української мовної системи, використовуються як матеріал для ігрових перетворень.

УДК 621.311=111

Горбенко К.В.<sup>1</sup>, Сокол Т.О.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> студ. гр. Е-429, ЗНТУ

<sup>2</sup> старш. викл., ЗНТУ

*Горбенко К.В., Сокол Т.О.*

## **CONTROLLED SHUNT REACTORS AS A UNIT FOR LOSSES DECREASE IN ELECTRONIC ENERGY TRANSMISSION**

The aim of the article is to present development states, technical parameters and mode characteristics for controlled shunt reactors (CSR), analyze domestic experience for CSR implementation and outline the prospects of applying them in power systems.

CSRs are intended for automatic control of reactive power flow and stabilization of voltage levels that ensure the following:

- elimination of daily and seasonal voltage fluctuations in the electric network;
- improvement of the quality of electric energy;
- optimization and automation of the power network operating mode;
- decrease in losses of electric energy during power transmission and its distribution;
- providing reliable automatic voltage control over voltage levels in power flows, closed to the tolerated as to static stability;
- eliminating voltage surge in case of emergency in the electric networks;
- providing operation conditions for power plant generators in required range of reactive power generation that stipulates the most favorable operational modes.

Advantages of CSR are the following:

- range of control provides more than 100% of CSR rated power;
- absence of on-load tap-changing devices and other moving mechanical parts;
- control of voltage and reactive power at the connection point;
- application of low-power valve devices with low losses, without water cooling provision;
- traditional requirements for the skills of the maintenance staff at the substation;
- the possibility to overload standardized CSR up to 130% and for short-time overload up to 200%;
- outdoor installation of power equipment for any climatic zone;
- significant lower cost.

Application of controlled shunt reactors allows to control networks operation modes, thereby reduces losses and improves the transmission lines capacity. Having such a possibility reliability of system operation is improved, operation modes are optimized and electricity when transmitting is significantly saved.

The article substantiates results of the research and design of controlled shunt alternative current reactors. The analysis of domestic and foreign experience of CSR development and its implementation proves the effectiveness of their applications in power systems. Results of the tests are design features of CSR are presented. The prospects for widespread implementation of CSR in control power systems modes are shown.

УДК 656: 659.2

Філончук Ю.Ю.<sup>1</sup>, Курілова Л.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>студ. гр. Т-819м, ЗНТУ

<sup>2</sup>викл., ЗНТУ

*Філончук Ю.Ю., Курілова Л.В.*

## **REAL TIME PASSENGER INFORMATION SYSTEM**

Although passenger information started decades ago with paper schedules, Real-Time Passenger Information has become an essential part of the public transport travel experience over recent years, and its abbreviation – RTPI – is well-known in the public transportation industry all over the world.

RTPI systems are highly beneficial for both passengers and public transport operators – that's why this area of the industry is big business – with the key supplier companies all keen to have transport operators implement their technology, and transport operators wanting to achieve passenger satisfaction.

An increasing amount of passenger information displays providing RTPI to passenger waiting at stops and stations have been implemented in recent years.

Usual information on such displays includes departure information along with some manual set disturbance information – given that the system and/or administrators of the system are capable to do so.

Additionally, there are plenty of web and mobile applications on the market providing the same, and even more, information to passenger wherever they are and whenever they need it. These applications usually include journey planner and INIT also provides such an application for public usage.

Nevertheless, this is not the end of the development of RTPI. The data provided by current systems gives plenty of opportunities to develop new and innovative features allowing passengers to achieve more relaxing, informative and reliable journey experiences. One example of such a feature is to provide passengers with on-board information about their transfer options at the next stop – in real-time, of course. INIT cause this feature TRANSFERinfo.

УДК 656:330.322

Світлицький О.В.<sup>1</sup>, Курілова Л.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>студ. гр. Т-819, ЗНТУ

<sup>2</sup>викл., ЗНТУ

*Світлицький О.В., Курілова Л.В.*

## **MEASURING INVESTMENT IN TRANSPORT INFRASTRUCTURE**

The International Transport Forum (ITF) convened a workshop in Paris on February 9 and 11, 2014, to discuss issues in measuring investment in transport infrastructure. The objective of the workshop was to serve as «...a platform for statisticians and stakeholders to discuss and better understand transport infrastructure investment and maintenance data...» by «bring[ing] together data providers and users to share their experience with the methodology, interpretation and limitations of transport investment data.» The organizing concern was that, while transport investment data are an important component of sector planning and operations, there might be significant gaps in supplying the information needed or significant differences and ambiguities in the definition of common terms. Moreover, while there is general agreement on the criticality of transport in underpinning economic development, there is less confidence that either the adequacy of the sector's capacity, or its quality, can be determined from readily available datasets. Major investment decisions may potentially be made with incomplete or erroneous data. The stakes in getting better and more complete data are thus very high.

The one-and-a-half-day workshop supported vigorous discussion among experts from a number of disciplines across the modes of transport. The results of the discussions, along with a set of tentative suggestions for further work, are summarized below. This can serve as a recommendation for topics to be discussed at the ITF Forum on Funding Transportation in 2015.

Infrastructure investments are a key determinant of performance in the transport sector. However, the sector lacks standardised definitions and methods for measuring investment – and a fortiori assets. The increasing mix of public and private investors and operators in the transport sector adds to the complexity of measuring investments and outcomes. Transport infrastructure has to be maintained and measurement of maintenance costs and outcomes differs widely across modes and countries. Subsidies complicate measurement further. They provide additional resources but are not necessarily defined as investments. The lack of clear definitions and common practices hinders meaningful analysis and comparison, and this may lead to inaccuracy in decision making.

УДК 004.94=111

Хало М.А.<sup>1</sup>, Суворова Т.М.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> студ. гр. РТ-110, ЗНТУ

<sup>2</sup> старш. викл., ЗНТУ

*Хало М.А., Суворова Т.М.*

### **3D TECHNOLOGIES**

3D printing is an additive technology in which objects are built up in a great many very thin layers. The first commercial 3D printer was based on a technique called stereolithography invented by Charles Hull in 1984.

Another 3D printing technology based on the selective solidification of a tank of liquid is DLP projection.

A final 3D printing technology that creates objects by using a light source to solidify a liquid photopolymer is known generically as ‘material jetting’, or commercially as ‘polyjet matrix’.

Also there are a lot of different 3D printer technologies such as: selective laser sintering (SLS), direct metal laser sintering (DMLS), selective laser melting (SLM), selective heat sintering (SHS), ‘directed energy deposition’.

A wide range of commercial 3D printers for industrial application are now available from a range of manufacturers, the two largest of whom are 3D Systems (which works with most technologies and is rapidly acquiring many smaller manufacturers) and Stratasys (which offers FDM and polyjet matrix hardware, as well as special ‘drop on demand’ wax 3D printers for dental work). Both of these companies had a market capitalization at the end of 2012 of over \$3 billion.

For home enthusiasts and lone inventors who want to start 3D printing themselves, a growing range of personal 3D printing initiatives, kits and printers are also now available.

Most current 3D printers are not used to create final consumer products. Rather, they are generally employed for rapid product prototyping, or to produce moulds or mould masters that will in turn allow the production of final items.

Whilst most 3D printers are currently used for prototyping and in pre-production mould making processes, the use of 3D printing to manufacture end-use parts is also now occurring. This is becoming known as direct digital manufacturing (DDM). As Fortus explain, for low-volume manufacturing DDM is more cost-effective and simpler than having to pay and wait for machining or tooling, with on-the-fly design changes and just-in-time inventory being possible.

Whether or not they arrive en-mass in the home, 3D printers have many promising areas of potential future application. They may, for example, be used to output spare parts for all manner of products, and which could not possibly be stocked as part of the inventory of even the best physical store. 3D printers may also be used to make future buildings. Another possible future application is in the use of 3D printers to create replacement organs for the human body. This is known as bioprinting.

3D printers are devices that will provide a solid bridge between cyberspace and the physical world and as an important manifestation of the Second Digital Revolution 3D printing is therefore likely to play some part in all of our futures.

УДК 654.165=111

Шийка Г.А.<sup>1</sup>, Суворова Т.М.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>студ. гр. РТ-910, ЗНТУ

<sup>2</sup>старш. викл., ЗНТУ

*Шийка Г.А., Суворова Т.М.*

## **A SURVEY OF MOBILITY MODELS IN WIRELESS NETWORKS**

Today there is an increasing expansion of wireless networks as a way to complement access technologies and in addition as a way to deploy wireless community networks. Reasons for this heavy deployment relates to the low-cost of short-range wireless and also to the evolution of wireless capable end-user devices, as well as to the recent deployment of smart wireless Access Points (APs), which are the pillar that allows community networks to grow spontaneously.

Such wireless widespread deployment lead to the appearance of new services, being one of them roaming. Particularly in densely covered areas, users tend to roam frequently across different hotspots, e.g. areas covered by one or more APs. On each hotspot and while under the coverage of specific

APs, users have access to regular Internet services. How-ever, while on the move, the service provided to the end-user devices may be interrupted.

Mobile Ad hoc network (MANET) is a collection of wireless nodes communicating with each other in the absence of any infrastructure. Due to the availability of small and inexpensive wireless communicating devices, the MANET research field has attracted a lot of attention from academia and industry in the recent years. In the near future, MANETs could potentially be used in various applications such as mobile classrooms, battlefield communication and disaster relief applications.



The mobility model is designed to describe the movement pattern of mobile users, and how their location, velocity and acceleration change over time.

In random-based mobility models, the mobile nodes move randomly and freely without restrictions. To be more specific, the destination, speed and direction are all chosen randomly and independently of other nodes. This kind of model has been used in many simulation studies.

The Random Walk model was originally proposed to emulate the unpredictable movement of particles in physics. It is also referred to as the Brownian Motion. Because some mobile nodes are believed to move in an unexpected way, Random Walk mobility model is proposed to mimic their movement behavior. The Random Walk model has similarities with the

Random Waypoint model because the node movement has strong randomness in both models. We can think the Random Walk model as the specific Random Waypoint model with zero pause time.

The Community based mobility model (CMM) [28] captures a group of nodes in movement in a way that mimics social behaviour of nodes. Nodes are grouped into communities. An example of a community is a family, or affiliation. The CMM movement is modelled based upon a «social attractiveness» function. In other words, nodes move towards other nodes and other communities based upon probabilities and taking into account the strength of social associations between nodes. Movement of nodes therefore exhibits behaviour close to the human social behaviour.

This survey provides an overview on the current state of mobility models, both from an individual perspective and also from a group perspective.

A survey of individual mobility models has been provided, followed by an analysis of the different aspects available today, and also of the aspects that are missing when attempting to model the movement of individual nodes.

The survey continues with a description of today's group mobility models, including the most recent trend in social mobility modelling. An analysis of the main aspects available and missing in these models is also provided.

In addition, this survey also contributes to a better understanding of the applicability of mobility models beyond simulations.

УДК 007.52=111

Бабакін М.А.<sup>1</sup>, Суворова Т.М.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>студ. гр. РТ-210, ЗНТУ

<sup>2</sup>старш. викл., ЗНТУ

*Бабакін М.А., Суворова Т.М*

### **BUILD YOUR OWN COMBAT ROBOT**

Nowadays, there are many combat robot competitions in which teams build specialized robots. Depending on type of the contest the design of robots varies widely and the aim of each team is to develop the best robot design for specified task.

Every combat robot consists of actuators, power supply units, sensors, weapons systems and microprocessors. It's very important to determine advantages and disadvantages of each kind of robot locomotion, batteries, radio interfaces and weapons.

There are many ways to move your robot. The best type of locomotion for robot wars is wheels or tank treads. But in some competitions you aren't able to use them. Also, locomotion type defines kind of motors that can be used. For example, you can't use regular DC motors for the robot legs either stepper motors or servos for wheels or caterpillars.

Each kind of actuators has few different controlling circuits, so constructor should choose the most suitable circuit. Not always the more complicated circuit or program is better. If you don't need extreme precise movement or you need to fit in small space you should use more simple schemes.

There are only few sorts of batteries which are used in hobby: SLA, NiCad, NiMH, alkaline and lithium ion. The most preferable is lithium ion because of its capacity, but it's very expensive and dangerous. It's very important to measure the maximum current draw and install the right battery in order to avoid damaging it.

In some contests the robot must scan medium and perform actions automatically without user control. In this case we need to use a wide variety of sensors like cameras, sonars, triggers, gyroscopes and accelerometers. To process obtained information powerful microcontrollers and signal processors are needed.

In order to achieve a reliable remote control of your robot, you need to know differences and limits of the types of modulation and radio interfaces. Modern digital radio interfaces are the best choice for complicated robot. Such interfaces allow you to control many degrees of freedom (multichannel) and work with other teams in one place without interference between transmitters.

Choosing the right type of each part of the robot can bring a victory for a team. But even the perfect done robot can't guarantee a win in the competition. It's all in the operator's hands.

УДК 681.518.5:629.33

Михайлов А.С.<sup>1</sup>, Курилова Л.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>студ. гр. Т-129, ЗНТУ

<sup>2</sup>викл., ЗНТУ

*Михайлов А.С., Курилова Л.В.*

## **WAYS OF DECREASING AUTOMOBILE'S HARMFUL EMISSIONS**

A kinetic energy recovery system (often known simply as KERS) is an automotive system for recovering a moving vehicle's kinetic energy under braking. The recovered energy is stored in a reservoir (for example a flywheel or a battery) for later use under acceleration.

A regenerative brake is an energy recovery mechanism which slows a vehicle or object down by converting its kinetic energy into another form, which can be either used immediately or stored until needed. This contrasts with conventional braking systems, where the excess kinetic energy is converted to heat by friction in the brake linings and therefore wasted.

The most common form of regenerative brake involves using an electric motor as an electric generator. In electric railways the generated electricity is fed back into the supply system, whereas in battery electric and hybrid electric vehicles, the energy is stored in a battery or bank of capacitors for later use. Energy may also be stored mechanically via pneumatics, hydraulics or the kinetic energy of a rotating flywheel.

KERS lowers fuel consumption on 20% and it is very essential size. The prize in dynamics impresses at all less: if before the driver it is necessary to be accelerated as much as possible an untwisted flywheel can add to engine power of internal combustion approximately 80 hp. The regenerative braking effect drops off at lower speeds; therefore the friction brake is still required in order to bring the vehicle to a complete halt. Physical locking of the rotor is also required to prevent vehicles from rolling down hills. The amount of electrical energy capable of dissipation is limited by either the capacity of the supply system to absorb this energy or on the state of charge of the battery or capacitors. No regenerative braking effect can occur if another electrical component on the same supply system is not currently drawing power and if the battery or capacitors are already charged. For this reason, it is normal to also incorporate dynamic braking to absorb the excess energy.

Vehicles driven by electric motors use the motor as a generator when using regenerative braking: it is operated as a generator during braking and its output is supplied to an electrical load; the transfer of energy to the load provides the braking effect.

УДК 336.71,811.111

Кравчук Ю.К.<sup>1</sup>, Суворова Т.М.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>студ.гр. ФЕУ-110, ЗНТУ

<sup>2</sup>старш. викл., ЗНТУ

*Кравчук Ю.К., Суворова Т.М.*

### **BANK'S LIABILITIES MANAGEMENT**

The article deals with bank's liabilities management.

Liability is a present obligation of an enterprise arising from past events, the settlement of which is expected to result in an outflow of resources embodying economic benefits (IASB Framework) from the enterprise.

Bank's liabilities constitute five major items. The share capital is the contribution which shareholders have contributed for starting the bank. Reserve funds are the money, which the bank has accumulated over the years from its undistributed profits. Deposits are the money owned by customers and therefore it is a liability of a bank. There can be various kinds of deposits and recurring deposits. Apart from these items a bank can borrow from central and other commercial banks. These borrowings are also treated as bank's liabilities.

In banking, active management of the liability side of the balance sheet began in early 1960s when commercial banks began issuing negotiable certificates of deposit, which could be sold to other holders prior to maturity, to solicit funds from other institutions in the money market.

Asset-Liability Management (ALM) is active management of a bank's balance sheet to maintain a mix of loans and deposits consistent with its goals for long-term growth and risk management. Banks, in the normal course of business, assume financial risk by making loans at interest rates that differ from rates paid on deposits. Deposits often have shorter maturities than loans and adjust to current market rates faster than loans. The result is a balance sheet mismatch between assets (loans) and liabilities (deposits).

The function of asset-liability management is to measure and control three levels of financial risk: interest rate risk (the pricing difference between loans and deposits), credit risk (the probability of default), and liquidity risk (occurring when loans and deposits have different maturities).

A primary objective in asset-liability management is managing Net Interest Margin (NIM), that is, the net difference between interest earning assets (loans) and interest paying liabilities (deposits) to produce consistent growth in the loan portfolio and shareholder earnings, regardless of short-term movement in interest rates. The dollar difference between assets (loans) maturing or repricing and liabilities (deposits) is known as the rate sensitivity.

УДК 330.342.146,811.111

Песеукова А.В.<sup>1</sup>, Суворова Т.М.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>студ. гр. ФЕУ – 110, ЗНТУ

<sup>2</sup>старш. викл., ЗНТУ

*Песеукова А.В., Суворова Т.М.*

### **MARKET ECONOMY**

This article deals with essence of market, market economy and principles of its regulation. There are also various opinions of economists about the regulation of the market by the state in the article. The notion of a "free market" where all

economic decisions regarding transfers of money, goods, and services take place on a voluntary basis, free of coercive influence, is commonly considered to be an essential characteristic of capitalism. Some individuals contend, that in systems where individuals are prevented from owning the means of production, or coerced to share them, not all economic decisions are free of coercive influence, and, hence, are not free markets. In an ideal free market system none of these economic decisions involve coercion. Instead, they are determined in a decentralized manner by individuals trading, bargaining, cooperating, and competing with each other. In a free market, government may act in a defensive mode to forbid coercion among market participants but does not engage in proactive interventionist coercion.

A legal system that grants and protects property rights provides property owners the entitlement to sell their property in accordance with their own valuation of that property; if there are no willing buyers at their offered price they have the freedom to retain it. According to standard capitalist theory, as explained by Adam Smith, when individuals make a trade they value what they are purchasing more than they value what they are giving in exchange for a commodity. If this were not the case, then they would not make the trade but retain ownership of the more valuable commodity. This notion underlies the concept of mutually-beneficial trade where it is held that both sides tend to benefit by an exchange.

In regard to pricing of goods and services in a free market, rather than this being ordained by government it is determined by trades that occur as a result of price agreement between buyers and sellers. The prices buyers are willing to pay for a commodity and the prices at which sellers are willing to part with that commodity are directly influenced by supply and demand. In abstract terms, the price is thus defined as the equilibrium point of the demand and the supply curves, which represent the prices at which buyers would buy certain quantities of the good in question. A price above the equilibrium point will lead to oversupply (the buyers will buy less goods at that price than the sellers are willing to produce), while a price below the equilibrium will lead to the opposite situation. When the price a buyer is willing to pay coincides with the price a seller is willing to offer, a trade occurs and price is determined.

However, not everyone believes that a free or even a relatively-free market is a good thing. One reason proffered by many to justify economic intervention by government into what would otherwise be a free market is market failure. A market failure is a case in which a market fails to efficiently provide or allocate goods and services. Some believe that the lack of «perfect information» or «perfect competition» in a free market is grounds for government intervention. Other situations or activities often perceived as problems with a free market may appear, such as monopolies, monopsonies, information inequalities, or price gouging. Wages determined by a free market mechanism are also commonly seen as a problem by those

who would claim that some wages are unjustifiably low or unjustifiably high. Another critique is that free markets usually fail to deal with the problem of externalities, where an action by an agent positively or negatively affects another agent without any compensation taking place. The most widely known externality is pollution. More generally, the free market allocation of resources in areas such as health care, unemployment, wealth inequality, and education are considered market failures by some. Also, governments overseeing economies typically labelled as capitalist have been known to set mandatory price floors or price ceilings at times, thereby interfering with the free market mechanism. Many eminent economists have analyzed market failures, and see governments as having a legitimate role to mitigate these failures, for examples through regulation and compensation schemes.

However, some economists, such as Nobel prize-winning economist Milton Friedman as well as those of the Austrian School, oppose intervention into free markets. They argue that government should limit its involvement in economies to protecting freedom rather than diminishing it for the sake of remedying «market failure». These economists believe that government intervention creates more problems than it is supposed to solve. Laissez-faire advocates do not oppose monopolies unless they maintain their existence through coercion to prevent competition, and often assert that monopolies have historically only developed because of government intervention rather than due to a lack of intervention.

Thus, market economy has the following properties: in any economy there is diversity of ownership, at least two: public and private; market pricing does not involve any state intervention; any government intervention in the economy is limited; full administrative independence and autonomy of producers - commodity producer must be the owner of the results of their labor.

УДК 004.031.2=111

Руденко Н.Г.<sup>1</sup>, Сівець Р.О.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>студ. гр. КНТ-610, ЗНТУ

<sup>2</sup>викл., ЗНТУ

*Руденко Н.Г., Сівець Р.О.*

## **PACKET PROCESSING**

In technical and high performance computing (HPC) environments, flexible clusters deliver the level of performance that is required for technical computing applications. At the same time, hardware advancements, such as new processors and interconnect technologies have made clustered environments more complex and difficult to manage. Today's clusters need an easy-to-use management tool.

The IBM Platform LSF product family is a powerful workload management platform for demanding, distributed and mission-critical HPC environments. It provides a comprehensive set of intelligent, policy-driven scheduling features that enable you to take full advantage of your compute infrastructure resources and ensure optimal application performance. A highly scalable and available architecture allows you to schedule complex workloads, and manage up to petaflop-scale resources.

The Platform LSF family can help:

Reduce operational and infrastructure costs by providing optimal SLA management and greater flexibility, visibility and control of job scheduling.

Improve productivity and resource sharing by fully utilizing hardware and application resources, whether they are just down the hall or halfway around the globe.

PBS Professional is a market-leading workload management and job scheduling product for high-performance computing (HPC) environments, used by thousands of companies worldwide to improve productivity, optimize resource utilization & efficiency, and simplify the process of managing workload.

PBS Professional is an ideal solution for customers who:

Seek security and reliability in their workload (PBS Professional is the only workload management solution to be EAL3+ certified.)

Need a simple, but powerful graphical interface for submitting and monitoring jobs to PBS Professional queues – access computing resources anytime, anywhere.

Seek to minimize the effort needed to write, modify and test complex application scripts.

Want to automate job submission tasks to maximize end-user productivity while optimizing resource availability.

Need a consistent job submission and monitoring interface.

Automate staging of input and return of output files.

HTCondor is a specialized workload management system for compute-intensive jobs. Like other full-featured batch systems, HTCondor provides a job queueing mechanism, scheduling policy, priority scheme, resource monitoring, and resource management. Users submit their serial or parallel jobs to HTCondor,

HTCondor places them into a queue, chooses when and where to run the jobs based upon a policy, carefully monitors their progress, and ultimately informs the user upon completion.

While providing functionality similar to that of a more traditional batch queueing system, HTCondor's novel architecture allows it to succeed in areas where traditional scheduling systems fail. HTCondor can be used to manage a cluster of dedicated compute nodes (such as a «Beowulf» cluster). In addition, unique mechanisms enable HTCondor to effectively harness wasted CPU power from otherwise idle desktop workstations. For instance, HTCondor can be configured to only use desktop machines where the keyboard and mouse are idle. Should HTCondor detect that a machine is no longer available (such as a key press detected), in many circumstances HTCondor is able to transparently produce a checkpoint and migrate a job to a different machine which would otherwise be idle. HTCondor does not require a shared file system across machines - if no shared file system is available, HTCondor can transfer the job's data files on behalf of the user, or HTCondor may be able to transparently redirect all the job's I/O requests back to the submit machine. As a result, HTCondor can be used to seamlessly combine all of an organization's computational power into one resource.

УДК 658.8.01, 811.111

Мартиненко Г.В.<sup>1</sup>, Суворова Т.М.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>студ. гр. ФЕУ-610, ЗНТУ

<sup>2</sup>старш. викл., ЗНТУ

*Мартиненко Г.В., Суворова Т.М.*

## **MARKETING STRATEGIES AND TACTICS**

The work is dedicated to the problem of marketing strategies and tactics. A lot of marketing, in practice, is preoccupied with tactical experimentation. This is the act of throwing all kinds of things out at the world or at broad demographic targets to see what works. As you do this you are spending money, potentially lots of it. The idea in this method is to do this until you find some marketing actions that work, and when you find them you can then do more of those.

In simple terms, a strategy is a plan for reaching a specific goal, while a tactic is the means you use to reach the goal. In business, a strategy is a broad goal, such as increasing sales or market share or creating a particular image for your business. Tactics for creating an image or brand might include using price to establish you as affordable or high-end. When creating marketing plans, start with broad strategies and support them with specific tactics.

Here are 7 endangered marketing strategies that may not have the «magic» it once has in the past:

- TV Commercials
- Telemarketing



- Print Media
- Roadshows & Direct Canvassing
- Flyers
- Outdoor Ads and Banners
- Directory and Phone Books

These 7 endangered marketing strategies will soon lose its effect as the world continues to advance into the digital social media age.

With technological advances, changing consumer behaviour and the fragmentation of traditional marketing communications digital marketing is now playing a major part in determining the marketing strategy for organisations.

- Content Marketing Will Get Bigger

Businesses that blog are getting 67 per cent more leads a month than those who don't. A good marketing strategy entails creating precious content on a large number of varied channels.

- Marketing-to-Location

Almost all adults have their Smartphones close to them 24 hours a day. Depending on their location, content marketers are using GPS technology to supply multi-media straight to persons using mobile devices.

- Social Media Will Diversify

Social media is diversifying and it has become part of our daily life. In 2013, as many as 93% of marketers said that they used social media for their businesses. You can pay for ads on the sites. So, more marketers will use paid advertising on the social network.

- More Sharing

When you use the social media to share your content you will be rewarded by search engines like Google. So persuade your friends, fans and followers to share with each other the content you provide them.

- More Via Videos

If a product or service works best on videos this is great for you.

- More Pictures Will Tell Better Stories

The trend of using more pictures will continue and even grow. Articles which have images get 94 per cent additional views and so pictures will help get greater attention.

- Simple, Direct Information

Messages will get simpler as the daily life of people becomes more hectic. Simplicity and minimalism are already becoming the new custom in digital marketing.

- Remarketing

Remarketing has become a popular way to convert web traffic. Remarketing allows you to target customers who visited your site but did not convert. Here you can display your products/services on sites they will visit.

– Go for 3D Printing

3D printing will be a groundbreaking and hugely innovative way to attract customers. Design your products in plastic and let the 3D effect give them that larger-than-life appearance. 3D can even be effectively used for trending, one-off products.

УДК 004.38=111

Галкін В.А.<sup>1</sup>, Суворова Т.М.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>студ. гр. РТ-810, ЗНТУ

<sup>2</sup>старш. викл., ЗНТУ

*Галкін В.А., Суворова Т.М.*

## **QUANTUM COMPUTERS**

A quantum computer (also known as a quantum supercomputer) is a computation device that makes direct use of quantum-mechanical phenomena, such as superposition and entanglement, to perform operations on data. Quantum computers are different from digital computers based on transistors. Whereas digital computers require data to be encoded into binary digits (bits), each of which is always in one of two definite states (0 or 1), quantum computation uses qubits (quantum bits), which can be in superpositions of states. A theoretical model is the quantum Turing machine, also known as the universal quantum computer. Quantum computers share theoretical similarities with non-deterministic and probabilistic computers; one example is the ability to be in more than one state simultaneously.

In 2014 quantum computing is still in its infancy but experiments have been carried out in which quantum computational operations were executed on a very small number of qubits. Both practical and theoretical research continues, and many national governments and military funding agencies support quantum computing research to develop quantum computers for both civilian and national security purposes, such as cryptanalysis.

Large-scale quantum computers will be able to solve certain problems much more quickly than any classical computer using the best currently known algorithms, like integer factorization using Shor's algorithm or the simulation of quantum many-body systems. There exist quantum algorithms, such as Simon's algorithm, which run faster than any possible probabilistic classical algorithm. Given sufficient computational resources, however, a classical computer could be made to simulate any quantum algorithm; quantum computation does not violate the Church–Turing thesis.

This study analyses main problems and characteristics of quantum computers, explains what «qubits» are and what difference is between modern computer and the quantum computer.

УДК 656.85

Салімоненко С.В.<sup>1</sup>, Курілова Л.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>студ. гр. Т-129М, ЗНТУ

<sup>2</sup>викл., ЗНТУ

*Салімоненко С.В., Курілова Л.В.*

## **LIFE OF BENJAMIN FRANKLIN AND HIS CONTRIBUTION TO THE HISTORY OF MANKIND**

Benjamin Franklin (January 17, 1706 [O.S. January 6, 1705] – April 17, 1790) was one of the Founding Fathers of the United States and in many ways was «the First American». A world-famous polymath, Franklin was a leading author, printer, political theorist, politician, postmaster, scientist, inventor, civic activist, statesman, and diplomat. As a scientist, he was a major figure in the American Enlightenment and the history of physics for his discoveries and theories regarding electricity. As an inventor, he is known for the lightning rod, bifocals, and the Franklin stove, among other inventions. He facilitated many civic organizations, including Philadelphia's fire department and a university.

Franklin earned the title of «The First American» for his early and indefatigable campaigning for colonial unity; as an author and spokesman in London for several colonies, then as the first United States Ambassador to France, he exemplified the emerging American nation. Franklin was foundational in defining the American ethos as a marriage of the practical values of thrift, hard work, education, community spirit, self-governing institutions, and opposition to authoritarianism both political and religious, with the scientific and tolerant values of the Enlightenment. Franklin, always proud of his working class roots, became a successful newspaper editor and printer in Philadelphia, the leading city in the colonies. With two partners he published the *Pennsylvania Chronicle*, a newspaper that was known for its revolutionary sentiments and criticisms of the British policies.

He played a major role in establishing the University of Pennsylvania and was elected the first president of the American Philosophical Society. Franklin became a national hero in America when as agent for several colonies he spearheaded the effort to have Parliament in London repeal the unpopular Stamp Act. An accomplished diplomat, he was widely admired among the French as American minister to Paris and was a major figure in the development of positive Franco-American relations. His efforts to secure support for the American Revolution by shipments of crucial munitions proved vital for the American war effort.

УДК 681.518.5:629.33

Василенко Р.В.<sup>1</sup>, Курілова Л.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>студ. гр. Т-129, ЗНТУ

<sup>2</sup>викл., ЗНТУ

*Василенко Р.В., Курілова Л.В.*

## **UTILIZATION OF GAS FUEL IN VEHICLE: PROS AND CONS**

Since the cost of petrol started growing promptly, users of cars look for ways of reduction in cost. The greatest expenses at a driving go on fuel. One of ways of reduction in cost of trips on the car is installation of the gas equipment. Such re-equipment of cars is supported also by ecologists, claiming that use of gas fuel not only promotes economy, but also reduces emissions in the atmosphere of toxic exhaust gases.

We will try to compare and weigh all pros and cons of the owner of the car, who decided to pass to gas fuel. The gas equipment on the car has many advantages, namely: gas is cheaper than petrol or diesel fuel; long-term service of the engine thanks to bigger octane number gas burns down more longer, that results in lack of a detonation and reduction of loadings by the engine; smaller harm for environment – the main advantage of gas fuel in comparison with gasoline and the diesel, though it is not defining point for car owners; at installation of the gas cylinder equipment is maintained the possibility of use of the main fuel (petrol or diesel), it is possible to use various fuel in turn, and the maximum run can be increased almost twice; high level of the fire safety at which modern cylinders are equipped with all necessary valves of safety. Cylinders are settled down in the car so, that to exclude the possibility of their accident damage.

Despite all advantages, also there are negative moments of using gas equipment on the car: the network of gas-filling stations for cars in Ukraine is developed not so widely, filling with gas is made more slowly, than petrol and demands bigger attention, when equipment are fastening; decreasing of power and dynamic characteristics of the car; impossibility of use at low temperatures and special attention at the high; increase in weight of the car and restriction of volume of a luggage compartment; danger of gas leaking.

Transition to the gas equipment makes sense at big run of the car and existence of gas-filling stations in use regions. It is absolutely unprofitable to install the gas cylinder equipment on cars of the A-class and some hatchbacks of the V-class. They in themselves consume not really a lot of fuel, therefore the economy from gas cylinder equipment will be hardly noticeable, and a place in a car trunk, which at such cars so just barely enough, after installation of a cylinder, will disappear almost completely.

УДК 681.518.5:629.33

Раєвський С.В.<sup>1</sup>, Курілова Л.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>студ. гр. Т-129, ЗНТУ

<sup>2</sup>викл., ЗНТУ

*Раєвський С.В., Курілова Л.В.*

## **AN ACTIVE SUSPENSION SYSTEM AS A UNIT OF ECONOMICALLY LEVELING A CAR DURING CORNERING**

When people think of automobile performance, they normally think of horsepower, torque and zero-to-60 acceleration. But all of the power generated by a piston engine is useless if the driver can't control the car. That's why automobile engineers turned their attention to the suspension system almost as soon as they had mastered the four-stroke internal combustion engine.

Active or adaptive suspension is an automotive technology that controls the vertical movement of the wheels with an onboard system rather than the movement being determined entirely by the road surface. The system virtually eliminates body roll and pitch variation in many driving situations including cornering, accelerating, and braking.

This technology allows car manufacturers to achieve a greater degree of ride quality and car handling by keeping the tires perpendicular to the road in corners, allowing better traction and control.

During the design of a suspension system, a number of conflicting requirements has to be met. The suspension setup has to ensure a comfortable ride and good cornering characteristics at the same time. Also, optimal contact between wheels and road surface is needed in various driving conditions in order to maximize safety. Instead of a passive suspension, present in most of today's cars, an active suspension can be used in order to better resolve the trade-off between these conflicts. However, this is generally accompanied by considerable energy consumption. In my report an active suspension is investigated which is capable of leveling the car during cornering theoretically without consuming energy. Simulations using a full-car model show that this maximizes the car's cornering velocity. As extreme cornering may be required to remain on the road or to avoid an obstacle, implementing the active suspension system improves safety. As the active part of the suspension takes care of realizing good cornering behavior and of static load variations, the primary suspension springs can be tuned purely for optimizing comfort and road holding. Simulations show that the required energy for leveling the car during cornering is negligible, so it can be concluded that the active suspension system is able to economically level the car.

УДК 621.316.1.025=111

Секретарьова О.В.<sup>1</sup>, Суворова Т.М.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>студ.гр. Е-429, ЗНТУ

<sup>2</sup>старш. викл., ЗНТУ

*Секретарьова О.В., Суворова Т.М.*

## **SOLVING THE PROBLEM OF OUTDATED RELAY PROTECTION DEVICES IN THE COMPLETE SWITCHGEAR**

The purpose of this article is to review the existing designs and developments of the complete switchgear as well as to analyze problems in domestic complete switchgear construction and to offer the potential improvement by means of МР3С-05 relay protection device introduction.

The complete switchgear of indoor installation is intended for reception and distribution of three-phase AC electric energy having industrial frequency.

Being an important component of any power network, switchgear is widely used in service switchgear of thermal power stations and nuclear power stations, distribution stations of electric supply networks, converter stations, underground systems and electrified railroads lines railway substations, municipal electrical transport railway substations, electric power substations of industrial and agricultural enterprises, in powerful excavating machines, in coal mines, on oil drilling rigs and so on.

As of late, there has appeared purposeful complete switchgear: complete switchgear for lightning surge equipment disposition, for overhead line of 10kV sectionalizing, for automatic standby line activation of 10 kV, for solid frequency converter for steady-state start of synchronous machines etc.

Based on field experience as well as on literary references, it is known that the complete switchgear has the following advantages:

- considerably simplified and cheapened premises for the switchgear;
- increased reliability and safety of operation and maintenance;
- provided uninterrupted power distribution for consumers due to quick change of a circuit-breaker on the withdrawable element.

The given apparatus, however, has some disadvantages as well:

- a) the outdated relay (electromechanic) machinery;
- b) massive expenses for repair and maintenance;
- c) the absence of a single remote-control system;
- d) the high price of end products.

Currently the main technical-and-economic requirements set before the complete switchgear are: higher liability, moderate time consumption on installation and maintenance, increased resistance to elements, efficiency of construction, concerning cost effectiveness. Also, due to the rise in prices of materials and compo-

nents used in electrical equipment building, there is a need for design simplicity, choice of cheaper materials, possibility of advanced technical processes application. Workability, eventually, determines efficiency of a prototype design manufacturing.

Under present-day conditions the importance of relay protection has notably increased owing to the increase of power plant outputs, increase in power network voltage, pooling of power networks into one.

The relay protection of domestic complete switchgear was performed on basis of electromechanical relay, which caused increase in dimensions of cubicles for its displacement, and the system itself had quite a low reliability, high consumed power, needs regular fairly difficult maintenance of the contact system. In foreign practice, however, there are widely used microprocessor relay protection devices.

Application of new relay protection device designs implemented on the microprocessor base, allows to increase quantity of control and diagnostic functions of a separate complete switchgear cell, with operation peculiarities being taken into consideration.

As a relay protection and automatics device it is suggested to choose a relay protection and automatics device on the basis of MP3C-05ПСГН.466452.007 manufactured by «Kievpribor».

MP3C-05 relay protection block as well as its foreign equivalents has high reliability, is compact and meets modern requirements. At the same time, MP3C-05 differs from its foreign equivalents in more considerable price. Thus, the proposed constructional improvement allows to increase the complete switchgear competitiveness at the high voltage equipment market.

The main functions of relay protection and automatics device MP3C-05:

- a) control and measurement of AC line voltages, phase current, zero-sequence current, frequency in network, active and reactive power;
- b) relay protection;
- c) automatics functions;
- d) emergency oscillogram of current and voltage recording;
- e) discrete signal recording.

Setup of input and output terminals, indicating instruments, target values, time delays, recorders is performed by means of free server software Sizif\_4, which can record target value archives from a file, target values logging and ranking.

The given article presents analysis of the existing problems in the complete switchgear construction. Research of the outdated relay protection devices is performed and a potential solution is offered. The prospects for the suggested facility implementation in the complete switchgear are outlined.

УДК:004.021

Роговська К.О.<sup>1</sup>, Дубровин В.І.<sup>2</sup>, Сівець Р.О.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>студ. гр. КНТ-420, ЗНТУ

<sup>2</sup>проф. КНТ, ЗНТУ

<sup>3</sup>викл., ЗНТУ

*Роговська К.О., Дубровин В.І., Сівець Р.О.*

## **PROGRAM REALIZATION OF METHODS OF SPECTRAL ANALYSIS OF NON-STATIONARY SIGNALS**

This work describes a method of measuring information and energy characteristics of the signal. In this work used the basic principles of wavelet noise reduction and processing of the original signal. Further actions will be done with purified signal.

In measuring and transmission information systems signals used as various physical processes characterized by a large count of parameters. From the viewpoint of information transmission there are not essential attributes. When a signal used in a particular physical process, it is allocated only some of its parameters. An approximate representation of physical process used for transmitting information signals can be called a model. The advantage of the wavelet analysis is possibility for exploration of higher frequencies, as well as noise removing, compression and smoothing.

Wavelets – a generic term for a family of mathematical functions of a certain shape, which are local in time and frequency, and in which all functions are obtained from a single base (generative) function through its translations and dilations along the time axis. Compared with the signals, decomposed by Fourier method, wavelet is able present much higher precision of local features of signal.

Wavelet – function must satisfy the 2nd conditions: the average value (the integral over the whole line) is zero (i.e., the first  $m$  moments are equal to 0) and the function should decrease rapidly.

Entropy of a continuous signal  $X$ , which density distribution is  $f(x)$ , and the range is divided into small intervals determined by:

$$H(X) = - \int_{-\infty}^{\infty} f(x) \log f(x) dx - \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \log \Delta x \quad (1)$$

Main energy characteristics of the signal  $s(t)$  are its power and energy. The instantaneous power  $p(t)$  for a real signal is determined by:

$$p(t) = s^2(t) \quad (2)$$

Energy of signal on the interval  $(t_2, t_1)$  is defined as the integral of instantaneous power:



$$\mathfrak{D} = \int_{t_1}^{t_2} p(t)dt \quad (3)$$

For unlimited by time periodic signals determined the average power over the period:

$$P_{cp} = \frac{1}{T} \int_0^T p(t)dt \quad (4)$$

Processing method is the following:

1. Generate or load signal.
2. Perform a wavelet decomposition of the signal to the required level using the basis db10.
3. At each level of decomposition, get a reconstructed signal
4. By formulas (1) and (4) determine the power and entropy of reconstructed signal
5. Graphically display the result.

Obtained in this way graph describes energy and information component of the signals, as well wavelet approximation eliminates the inevitable interference.

УДК:004.032

Шостак С.С.<sup>1</sup>, Сівець Р.О.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>студ. гр. КНТ-510, ЗНТУ

<sup>2</sup>викл., ЗНТУ

*Шостак С.С., Сівець Р.О.*

## **CLUSTER OPERATING SYSTEM MOSIX**

Mosix is a set of adaptive resource sharing algorithms that are geared for performance scalability in a CC of any size, where the only shared component is the network.

Computing Clusters (CC) are made of collections of share-nothing workstations and servers (nodes), with different speeds and memory sizes, possibly from different generations. In CC systems the user is responsible to allocate the processes to the nodes and to manage the cluster resources. Mosix is a set of algorithms that support adaptive resource sharing in a scalable CC by dynamic process migration.

Mosix is a tool for a Unix-like kernel, such as Linux, consisting of adaptive resource sharing algorithms. The resource sharing algorithms of Mosix are designed to respond on-line to variations in the resource usage among the nodes. This is achieved by migrating processes from one node to another, preemptively and transparently, for load-balancing and to prevent thrashing due to memory swap-

ping. The standard run time environment of Mosix is a CC, in which the cluster-wide resources are available to each node.

The Mosix technology consists of two parts: a Preemptive Process Migration (PPM) mechanism and a set of algorithms for adaptive resource sharing. Usually, migrations are based on information provided by one of the resource sharing algorithms, but users may override any automatic system-decisions and migrate their processes manually. The system image model of Mosix is a CC, in which every process seems to run at its Unique Home-Node (UHN), and all the processes of a user's session share the execution environment of the UHN. Mosix has no central control or master-slave relationship between nodes: each node can operate as an autonomous system, and it makes all its control decisions independently.

The main resource sharing algorithms of Mosix are the load-balancing and the memory ushering. The dynamic load-balancing algorithm continuously attempts to reduce the load differences between pairs of nodes, by migrating processes from higher loaded to less loaded nodes. The memory ushering (depletion prevention) algorithm is geared to place the maximal number of processes in the cluster-wide RAM, to avoid as much as possible thrashing or the swapping out of processes.

To implement the preemptive process migration (PPM), the migrating process is divided into two contexts: the user context – that can be migrated, and the system context – that is UHN dependent, and may not be migrated. The user context, called the remote, contains the program code, stack, data, memory-maps and registers of the process. The system context, called the deputy, contains description of the resources which the process is attached to, and a kernel-stack for the execution of system code on behalf of the process. The migration time has a fixed component, for establishing a new process frame in the new (remote) site, and a linear component, proportional to the number of memory pages to be transferred. To minimize the migration overhead, only the page tables and the process dirty pages are transferred. The link between the two contexts was implemented on top of a simple, but exclusive TCP/IP connection.

In Mosix, any kernel memory operation that involves access to user space, requires the deputy to communicate with its remote to transfer the necessary data. To prevent the deletion or overriding of memory-mapped files (for demand-paging) in the absence of a memory map, the deputy holds a special table of such files that are mapped to the remote memory. Remote (guest) processes are not accessible to the other processes that run at the same node (locally or originated from other nodes) – and vice versa. If the process has already been migrated, it is first migrated back to the UHN.

Statistics about a process' behavior are collected regularly, such as at every system call and every time the process accesses user data. This information is used to assess whether the process should be migrated from the UHN. Each process has

some control over the collection and decay of its statistics. The Mosix API has been traditionally implemented via a set of reserved system calls, that were used to configure, query and operate Mosix.

The main advantage of Mosix over other CC systems is its ability to respond at run-time to unpredictable and irregular resource requirements by many users. The most noticeable properties of executing applications on Mosix are its adaptive resource distribution policy, the symmetry and flexibility of its configuration.

УДК 004.02

Бедняк А.О.<sup>1</sup>, Сівець Р.О.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>студ. гр. КНТ-610, ЗНТУ

<sup>2</sup>викл., ЗНТУ

*Бедняк А.О., Сівець Р.О.*

## **INTRODUCING SOFTWARE DEFINED NETWORKING**

Software Defined Networking (SDN) is an emerging network architecture where network control is decoupled from forwarding and is directly programmable. This migration of control, formerly tightly bound in individual network devices, into accessible computing devices enables the underlying infrastructure to be abstracted for applications and network services, which can treat the network as a logical or virtual entity.

Perhaps most importantly, network operators and administrators can programmatically configure this simplified network abstraction rather than having to hand-code tens of thousands of lines of configuration scattered among thousands of devices. In addition, leveraging the SDN controller's centralized intelligence, IT can alter network behavior in real-time and deploy new applications and network services in a matter of hours or days, rather than the weeks or months needed today. By centralizing network state in the control layer, SDN gives network managers the flexibility to configure, manage, secure, and optimize network resources via dynamic, automated SDN programs. Moreover, they can write these programs themselves and not wait for features to be embedded in vendors' proprietary and closed software environments in the middle of the network.

In addition to abstracting the network, SDN architectures support a set of APIs that make it possible to implement common network services, including routing, multicast, security, access control, bandwidth management, traffic engineering, quality of service, processor and storage optimization, energy usage, and all forms of policy management, custom tailored to meet business objectives. For example, an SDN architecture makes it easy to define and enforce consistent policies across both wired and wireless connections on a campus.

Likewise, SDN makes it possible to manage the entire network through intelligent orchestration and provisioning systems. The Open Networking Foundation is studying open APIs to promote multi-vendor management, which opens the door

for on-demand resource allocation, self-service provisioning, truly virtualized networking, and secure cloud services.

Thus, with open APIs between the SDN control and applications layers, business applications can operate on an abstraction of the network, leveraging network services and capabilities without being tied to the details of their implementation. SDN makes the network not so much «application-aware» as «application-customized» and applications not so much «network-aware» as «network-capability-aware». As a result, computing, storage, and network resources can be optimized.

### **Sdn use cases**

The ONF is guided by prominent enterprises and service providers, systems and applications developers, software and computer companies, and semiconductor and networking vendors. This diverse cross-section of the communications and computing industries is helping to ensure that SDN and associated standards effectively address the needs of network operators in each segment of the marketplace, including:

#### **The enterprise**

Campus – SDN’s centralized, automated control and provisioning model supports the convergence of data, voice, and video as well as anytime, anywhere access by enabling IT to enforce policies consistently across both the wired and wireless infrastructures. Likewise, SDN supports automated provisioning and management of network resources, determined by individual user profiles and application requirements, to ensure an optimal user experience within the enterprise’s constraints.

Data center – The SDN architectures facilitates network virtualization, which enables hyper-scalability in the data center, automated VM migration, tighter integration with storage, better server utilization, lower energy use, and bandwidth optimization.

Cloud – Whether used to support a private or hybrid cloud environment, SDN allows network resources to be allocated in a highly elastic way, enabling rapid provisioning of cloud services and more flexible hand-off to the external cloud provider. With tools to safely manage their virtual networks, enterprises and business units will trust cloud services more and more.

#### **Carriers and service providers**

SDN offers carriers, public cloud operators, and other service providers the scalability and automation necessary to implement a utility computing model for IT-as-a-Service, by simplifying the roll-out of custom and on-demand services, along with migration to a self-service paradigm. SDN’s centralized, automated control and provisioning model makes it much easier to support multi-tenancy; to ensure network resources are optimally deployed; to reduce both CapEx and OpEx; and to increase service velocity and value.

УДК:004.027

Осипенко Л.М.<sup>1</sup>, Сівець Р.О.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>студ. гр. КНТ-710, ЗНТУ

<sup>2</sup>викл., ЗНТУ

*Осипенко Л.М., Сівець Р.О.*

## **IEEE 802.11**

IEEE 802.11 is a set of media access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications for implementing wireless local area network (WLAN) computer communication in the 2.4, 3.6, 5 and 60 GHz frequency bands. They are created and maintained by the IEEE LAN/MAN Standards Committee (IEEE 802). The base version of the standard was released in 1997 and has had subsequent amendments. The standard and amendments provide the basis for wireless network products using the Wi-Fi brand. In the market place, each revision tends to become its own standard.

The 802.11 family consists of a series of half-duplex over-the-air modulation techniques that use the same basic protocol. The most popular are those defined by the 802.11b and 802.11g protocols, which are amendments to the original standard. 802.11-1997 was the first wireless networking standard in the family, but 802.11b was the first widely accepted one, followed by 802.11a, 802.11g and a multi-streaming modulation 802.11n. Other standards in the family (c-f, h, j) are service amendments and extensions or corrections to the previous specifications.

802.11b and 802.11g use the 2.4 GHz ISM band, operating in the United States under Part 15 of the U.S. Federal Communications Commission Rules and Regulations. Because of this choice of frequency band, 802.11b and g equipment may occasionally suffer interference from microwave ovens, cordless telephones and Bluetooth devices. 802.11b and 802.11g control their interference and susceptibility to interference by using direct-sequence spread spectrum (DSSS) and orthogonal frequency-division multiplexing (OFDM) signaling methods, respectively. 802.11a uses the 5 GHz U-NII band, which, for much of the world, offers at least 23 non-overlapping channels rather than the 2.4 GHz ISM frequency band, where adjacent channels overlap – see list of WLAN channels. Better or worse performance with higher or lower frequencies (channels) may be realized, depending on the environment.

The segment of the radio frequency spectrum used by 802.11 varies between countries. In the US, 802.11a and 802.11g devices may be operated without a license, as allowed in Part 15 of the FCC Rules and Regulations. Frequencies used by channels one through six of 802.11b and 802.11g fall within the 2.4 GHz amateur radio band. Licensed amateur radio operators may operate 802.11b/g devices under Part 97 of the FCC Rules and Regulations, allowing increased power output but not commercial content or encryption.

802.11 technology has its origins in a 1985 ruling by the U.S. Federal Communications Commission that released the ISM band for unlicensed use. In 1999, the Wi-Fi Alliance was formed as a trade association to hold the Wi-Fi trademark under which most products are sold.

802.11b, 802.11g, and 802.11n-2.4 utilize the 2.400 – 2.500 GHz spectrum, one of the ISM bands. 802.11a and 802.11n use the more heavily regulated 4.915 – 5.825 GHz band. These are commonly referred to as the «2.4 GHz and 5 GHz bands» in most sales literature. Each spectrum is sub-divided into channels with a center frequency and bandwidth, analogous to the way radio and TV broadcast bands are sub-divided.

The 2.4 GHz band is divided into 14 channels spaced 5 MHz apart, beginning with channel 1 which is centered on 2.412 GHz. The latter channels have additional restrictions or are unavailable for use in some regulatory domains.

The channel numbering of the 5.725 – 5.875 GHz spectrum is less intuitive due to the differences in regulations between countries.

IEEE uses the phrase regdomain to refer to a legal regulatory region. Different countries define different levels of allowable transmitter power, time that a channel can be occupied, and different available channels. Domain codes are specified for the United States, Canada, ETSI (Europe), Spain, France, Japan, and China. Most Wi-Fi certified devices default to regdomain 0, which means least common denominator settings, i.e. the device will not transmit at a power above the allowable power in any nation, nor will it use frequencies that are not permitted in any nation.

With the proliferation of cable modems and DSL, there is an ever-increasing market of people who wish to establish small networks in their homes to share their broadband Internet connection.

Many hotspot or free networks frequently allow anyone within range, including passersby outside, to connect to the Internet. There are also efforts by volunteer groups to establish wireless community networks to provide free wireless connectivity to the public.

УДК:004.021

Борисенко Ю.С.<sup>1</sup>, Сівець Р.О.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>студ. гр. КНТ-530, ЗНТУ

<sup>2</sup>викл., ЗНТУ

*Борисенко Ю.С., Сівець Р.О.*

## **PROBLEM OF THE KILOGRAM STANDART**

This work describes about «kilogram problem» and method to determine a «new» measurement for the kilogram. In this work used the basic principles of mass in kilogram. Further actions will be done with «World's Roundest Object».

The kilogram, the unit of mass in the International System (SI), is one of seven base units used in science, commerce and everyday life. It is the only one still defined by a physical object.

A kilogram is currently defined as: «that mass which is equal to the International Prototype». The International Prototype being a cylinder of platinum and iridium kept in a vault at the International Bureau of Weights and Measures (BIPM) near Paris, France.

All the other SI units are defined in terms of a fundamental constant of nature so that anyone, anywhere can reproduce them and they don't change over time. Around the world, scientists are working on new ways to define the kilogram.

The «kilogram problem» is that the kilogram is no more (and no less) than a physical mass that sits in a secured vault at the Bureau International des Poids et Mesures in Paris. For reasons no one understands – and despite precautionary measures – the cylinder's mass keeps changing. In other words, the kilogram, as defined by the cylinder (and compared to 40 exact replicas of the cylinder kept in other countries), doesn't weigh the same as it used to.

To solve that problem, researchers at the Australian Centre for Precision Optics, which is home to The Avogadro Project, are crafting nearly perfect spheres made of a highly pure and very stable form of silicon. By calculating the sphere's volume and weight, scientists should be able to determine the exact number of silicon atoms in the object itself, thereby providing an unchanging definition for the mass of a kilogram.

Attentionthe Avogadro Projecthas focused on silicon because:

- its characteristics are very well understood;
- a single crystal of the right size can be grown;
- its atomic structure is extremely uniform;
- its widespread use in the computer industry means it can be obtained with relative ease at high purity and reasonable cost.

Sphere has used because is a perfectly round geometrical and circular object in three-dimensional space that resembles the shape of a completely round ball. Like a circle, which, in geometrical contexts, is in two dimensions, a sphere is defined mathematically as the set of points that are all the same distance  $r$  from a given point in three-dimensional space. This distance  $r$  is the radius of the sphere, and the given point is the center of the sphere. The maximum straight distance through the sphere passes through the center and is thus twice the radius; it is the diameter. The surface area of a sphere is

$$A = 4\pi R^2$$

УДК:621.311.24

Ткачева Н. С.<sup>1</sup>, Соболев Ю.О.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>студ. гр. Е-420, ЗНТУ

<sup>2</sup>доц. каф. ин. мов, ЗНТУ

*Ткачева Н. С., Соболев Ю.О.*

## **ALTERNATIVE SOURCES OF ENERGY: WIND GENERATORS**

We are living in the bottom of an atmosphere, in the world of winds. People had understood this long time ago, they constantly felt the wind influence. Stocks of wind power more than a hundred times exceed stocks of hydraulic power of all rivers of a planet. Thus, there is a question, why such accessible, cheap and non-polluting energy source so is poorly used. Today, the engines using a wind power cover only one thousand part of the world requirement for energy.

By estimations of various authors, the general wind potential of the Earth is equal 1200 TWt, however, the possibility of usage of this kind of energy in various areas of the Earth are different. Mid-annual speed of a wind at height of 20–30 m over a surface of the Earth should be sufficient in order the capacity of the wind flux passing through vertical section could reach the value comprehensible to transformation. The wind plant located on a platform, where mid-annual specific capacity of a wind flux is about 500 Wt/m<sup>2</sup> (at speed of wind stream 7 km/s), can transform in the electric power about 175 Wt/m<sup>2</sup>. Energy in a stream of wind is proportional to a cube of speed of a wind. It is a pity, but not all energy of an air stream can be transformed into an electric current. Theoretically, coefficient of useful application of the wind flux comprises approximately 59,3%. In practice, according to the published data, maximum CUA of the wind power reaches approximately 50%. Given value is reached not at all speeds, but only at optimum speed which is provided by developers. Also, the energy part is lost at transformation of mechanical energy in electric one, which is carried out from efficiency of 75–95%. Considering all negative factors, electric capacity which generates the real wind plant is 30–40%. Sometimes, the wind has speed above or below the given data. Speed of a wind can be so low that wind plant would not work at all, or so high that it is necessary to stop and protect it from destruction. In case the speed of a wind exceeds normal working speed, the part of taken mechanical wind power isn't used to prevent exceeding of an electric limit of capacity of the generator. Considering these factors, average development of electric energy during year is 15–30% of wind power, or even less. Wind stations are providing mainly a direct current. The wind wheel rotates a dynamo-machine – the generator of an electric current which is simultaneously charging parallel connected accumulators. The



storage battery is automatically connected to the generator while pressure on his exit plugs becomes more than on battery plugs, it is automatically disconnected at an opposite parity.

In small scales, wind stations have found application several decades ago. Today, wind units reliably supply an oil industry; they successfully work in remote areas, on distant islands, in Arctic regions, on thousand agricultural farms, where there is no nearby large settlements and power stations of the general using, and also help with economy to citizens, who have adjusted using of the given device in a life [1–3]. However, wide application of wind units in usual conditions is interfered by their high cost price. There are a lot of different prototypes of wind generators are created now. Some of them are similar to a usual children's revolving object, others – on a bicycle wheel with aluminum blades instead of spokes. There are units in the form of a circle or in the form of a mast, with a horizontal or vertical axis of rotation, with two to fifty blades.

When wind is used, there is a question: what to do with extra energy in windy weather and lack of wind in calm? How to accumulate and keep wind power for the future? The easiest way is that a wind wheel moves the pump, which pumps up water in the tank located above, and then, flowing down from him water rotates the turbine and the generator. Also, batteries are usually used, or untwisting a huge flywheels and lack of time compressed air in underground caves; one of the newest, manufacture of hydrogen as fuel is possible, too. Especially perspective can be last method. The electric current from wind plant decomposes water on oxygen and hydrogen. Hydrogen can be stored like a liquid solution and use like alternatively to gasoline.

#### **СЕКЦИЯ «РАДИОТЕХНИКА ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ»**

УДК 04.738.5; 621.395

Шийка А.А.<sup>1</sup>, Сметанин И.Н.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>студ. гр. РТ-910 ЗНТУ

<sup>2</sup>старш. преп. ЗНТУ

*Шийка А.А., Сметанин И.Н.*

### **ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ МОБИЛЬНОСТИ В MANET-СЕТЯХ**

Сегодня большинство наземных мобильных беспроводных сетей связи имеют фиксированную инфраструктуру и соединены между собой с помощью различных каналов передачи данных. В настоящее время сети передачи данных продолжают активно развиваться, в том числе все большее распространение получают MANET-сети.

**MANET**(англ. MobileAdhocNetwork)– это одноранговые беспроводные сети передачи данных с переменной топологией и отсутствием четкой инфраструктуры, где каждый узел может выполнять функции маршрутизатора и принимать участие в ретрансляции пакетов данных.

Исходя из определения, в MANET-сетях маршрутизация имеет первостепенное значение, поскольку она определяет, как пакет данных передается от узла-источника к узлу назначения. В связи с этим, важно прогнозирование мобильности узлов.

В данной работе проведен анализ методов прогнозирования мобильности для MANET-сетей.

Специалистами, занимающимися этим вопросом, предлагаются различные методы для прогнозирования мобильности. Однако эти методы предполагают, что узлы двигаются в соответствии с некоторой моделью. Но в результате отклонения движения узлов от спрогнозированной траектории модель может потерять свою точность и эффективность.

Перспективным решением данных проблем является применение нейронных сетей для прогнозирования перемещения узлов. После обучения такая сеть способна спрогнозировать будущее значение некой последовательности на основе нескольких предыдущих значений и (или) каких-то существующих в настоящий момент факторов. Для процесса прогнозирования собирается статистика о координатах объектов и уровнях мощности сигнала, статистических параметрах трафика (таких как приоритеты – данные, голос, видео, объемы и т.д.). В работе были рассмотрены только те виды нейронных сетей, которые наиболее подходят для решения задачи прогнозирования мобильности узлов.

Сеть Хопфилда имеет ассоциативную память. Она состоит из единственного слоя нейронов, число которых является одновременно числом входов и выходов сети. К недостаткам нейронной сети Хопфилда можно отнести: относительно небольшой объем памяти (попытка записи большего числа образов приводит к тому, что нейронная сеть перестает их распознавать); достижение устойчивого состояния не гарантирует правильный ответ сети (это происходит из-за того, что сеть может сойтись к так называемым ложным аттракторам).

Сеть Хемминга состоит из двух слоев. Идея работы такой сети состоит в нахождении расстояния Хэмминга от тестируемого образа до всех образцов. Данная сеть характеризуется, по сравнению с сетью Хопфилда, меньшими затратами на память и объемом вычислений. Однако недостатками такой сети являются ограниченность числа образов, которые могут быть сохранены и точно воспроизведены, и возможность нестабильности слоя Хопфилда, если обучающие примеры являются слишком похожими.

Рекуррентная нейронная сеть, показала свою эффективность для многоступенчатых временных рядов прогнозирования. Сигнал с выходного слоя, имея только единичную задержку, поступает на дополнительные входы, и не поступает на первоначальные входы– из-за чего не происходит смешивания сигналов и не возникает вопрос с устойчивостью. Также существует возможность учета результатов преобразования нейронной сетью информации на предыдущем этапе для обработки входного вектора на следующем этапе.

Таким образом, для прогноза мобильности в MANET-сетях предлагается применить рекуррентную нейронную сеть.

УДК 519.688

Щекотихин О.В.<sup>1</sup>, Плотникова К.О.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

<sup>2</sup> студ. гр. РТ-910 ЗНТУ

*Щекотихин О.В., Плотникова К.О.*

## **ТЕСТИРОВАНИЕ И ВЫЯВЛЕНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ В ОПТОВОЛОКНЕ**

Широкое развитие оптоволокну задерживалось его высокой стоимостью. В настоящее время в связи с удешевлением ВОК оно стало применяться не только в первичных сетях, но и во вторичных сетях доступа.

Строительство сетей доступа, в настоящее время, идет по 4 направлениям:

- сети на основе существующих медных телефонных пар и технология xDSL;
- гибридные волоконно – коаксиальные сети;
- беспроводные сети;
- волоконно – оптические сети.

Использование постоянно совершенствующейся технологии xDSL – это самый простой и не дорогой способ увеличения пропускной способности существующей кабельной системы на основе медных витых пар.

Другое традиционное решение – гибридные волокно – коаксиальные сети HFC (hybrid – fiber - coaxial). Подключение множества кабельных модемов на 1 коаксиальный сегмент приводит к снижению средних затрат на построение инфраструктуры сети в расчете на одного абонента.

Беспроводные сети доступа могут быть эффективны там, где возникают технические трудности для использования кабельных инфраструктур.

Следует отметить, что для всех перечисленных направлений дальнейшее увеличение пропускной способности сети связано с большими трудностями, которые отсутствуют при использовании такой среды передачи как волокно.

Наряду со ставшими традиционными решениями на основе оптических модемов, оптической сети интернет и др. появились новые решения с использованием архитектуры сетей PON. Основная идея архитектуры PON:

- использование всего одного приемно-передающего модуля OLT (optical line terminal) для передачи информации множеству абонентских устройств ONT (optical network terminal) и приема информации от них;
- отсутствие промежуточных активных узлов; экономия волокон;
- легкость подключения новых абонентов; удобство обслуживания;
- экономия оптических передатчиков в центральном узле.

Но сложностью в работе с PON является нахождение неисправного участка или узла в случае, когда функционирование системы нарушено полностью или на определённом участке.

Чтобы гарантировать в сети PON передачу информации с заданной скоростью и минимальным уровнем потерь, необходимо контролировать потери в оптическом канале. Тестирование и выявление неисправностей – важная процедура для обеспечения должного функционирования любой технической системы.

Какие сложности могут возникать при тестировании и выявлении неисправностей в PON? Оптическое волокно не излучает электромагнитных полей, так как по волокну «бегает» фотоны. Если участок оптоволоконной линии передачи поврежден, то определить место неисправности без извлечения волокна из земли невозможно, так как нет таких приборов, которые могли бы «улавливать» фотоны, выходящие из места повреждения кабеля, который зарыт в земле.

Для решения проблемы выявления неисправностей, которая является существенным недостатком PON, предлагается «поделить» линию передачи на контрольные точки. Контрольными точками являются элементы оборудования сети – OLT – optical line terminal (центральный узел), ONT – optical network terminal (оконечные устройства), разветвители, а так же участки оптоволоконного кабеля, оборудованные разъёмами, места сварки, защищенные муфтами. Так же необходимо использовать специализированные приборы для тестирования линии, такие как измеритель оптической мощности, оптический рефлектометр и визуальный дефектоскоп. Зная об особенностях волоконно-оптического кабеля, оборудования оптической сети и об особенностях работы с волоконно – оптической сетью дальнейшее тестирование и выявление неисправностей упрощается во много раз. При этом выявление и исправление неисправностей не требует больших материальных затрат и больших затрат времени.

УДК 519.688

Щекотихін О.В.<sup>1</sup>, Плотнікова К.О.<sup>2</sup>, Звонарьова М.А.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

<sup>2</sup> студ. гр. РТ-910 ЗНТУ

<sup>3</sup> студ. гр. РТ-911 ЗНТУ

*Щекотихін О.В., Плотнікова К.О., Звонарьова М.А.*

## **СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ДОСТОВЕРНОСТИ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ В ВОСП**

В цифровых системах передачи информации шумы и помехи приводят к ошибочному приёму двоичного нуля за двоичную единицу.

Рассмотрены виды шумов и помех возникающих в передающей электросистеме аппаратуры, лазерных диодах, оптическом волокне, оптическом усилителе и фотоприёмнике.

Определено, что наибольший вклад вносят помехи, вызываемые током смещения лазерного диода и темновым током фотодиода.

Рассмотрены способ борьбы с помехами вызываемыми током смещения лазерного диода заключающийся в том, что при передаче двоичного нуля сигналы передаются от двух лазерных диодов на схему сравнения по двум каналам. В схеме сравнения происходит взаимная компенсация помехи.

Проведены анализ ватт-амперных характеристик серийных лазерных диодов, выпускаемых промышленностью. Установлено, что пороговый ток разных образцов значительно отличается. Это требует для реализации предлагаемого способа уменьшения помехи подбора лазерных диодов с одинаковыми ватт-амперными характеристиками.

Подбор лазерных диодов в промышленных условиях является не целесообразным и предложенная схема требует доработки в случаях использования лазеров без подбора их не одинаковым характеристикам. На кафедре РТТ ЗНТУ проводится работа по совершенствованию метода снижения влияния данной помехи на достоверность передаваемой информации.

УДК 621.314.69

Соболь И.А.<sup>1</sup>, Костенко В.О.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> студ. гр. РТ-213 ЗНТУ

<sup>2</sup> канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

*Соболь И.А., Костенко В.О.*

## **МАЛОМОЩНЫЙ ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ ОТ ВЫСОКОВОЛЬТНОЙ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ**

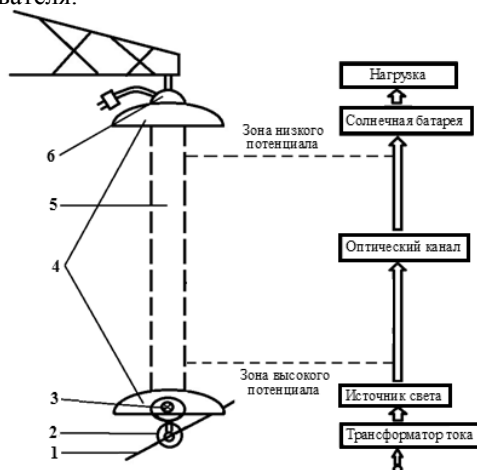
В настоящее время достаточно часто возникает необходимость в организации низковольтного электропитания на опорах высоковольтных линий электропередач (ЛЭП). В одних случаях это необходимо для освещения рекламных щитов, в других – защите линий электропередач от повреждений летательными аппаратами, в третьих - для организации контроля опор ЛЭП от возможных вандальных разрушений, в четвертых – для обеспечения питания аппаратуры орнитологов и т.д. Для решения подобных задач чаще всего

подводят электропитание от внешней сети 380/220 В, а если такой возможности нет, то ставят оборудование автономного питания на солнечных батареях или ветрогенераторы. Такие автономные источники питания в своем составе содержат аккумуляторы, которые плохо переносят низкие температуры, и фотоэлектрические элементы, поверхности которых должны быть чистыми и желательно быть направленными перпендикулярно к солнцу.

Авторы предлагают осуществить отбор электрической энергии от самой высоковольтной ЛЭП. На основе современных материалов внесение небольших изменений в конструкцию высоковольтных изоляторов может быть реализована следующая схема организации маломощного источника питания на опоре ЛЭП (рис.1):

В качестве прообраза части подобной схемы в зоне высокого потенциала взята схема источника интенсивного белого света – Осветителя ОГР 150 2, выпускаемого НПФ «Оптрон» города Мелитополя Запорожской области. Определены параметры оптического канала который организуется внутри гирлянды высоковольтных изоляторов. В зоне низкого потенциала предложено расположить прибор, преобразующий световой поток в необходимое электрическое напряжение. Этот вакуумный прибор по внешнему виду напоминает обычную электрическую лампу.

Такой вакуумный прибор содержит фотоэлектрические элементы внутри колбы. Это позволяет избежать необходимости ориентации на источник света и не бороться за чистоту поверхности. Современные солнечные элементы обеспечивают коэффициент полезного действия до 44,7% , что позволяет получить необходимое напряжение питания при небольших размерах такого преобразователя.



**Рисунок 1** – Структурная схема маломощного источника питания от высоковольтной ЛЭП 750 кВ: 1 – линейный токоведущий провод ЛЭП; 2 – трансформатор тока; 3 – источник света; 4 – изолятор; 5 – оптический канал; 6 – преобразователь светового потока в электрический постоянный ток (солнечная батарея)

Произведен расчет всех элементов предложенной схемы электропитания и подтверждена возможность ее реализации.

УДК 621.396

Бугрова Т.И.<sup>1</sup>, Малий В.А.<sup>2</sup>

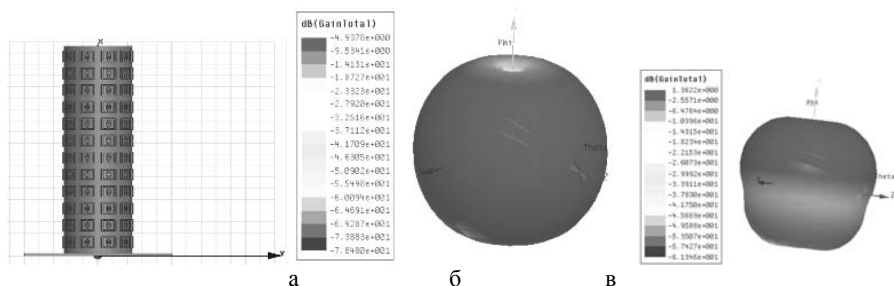
<sup>1</sup> доц. ЗНТУ

<sup>2</sup> студ. гр. РТ-911 ЗНТУ

*Бугрова Т.И., Малий В.А.*

## АНТЕННА ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ

Цель работы – найти решение задачи улучшения качества мобильной связи вдали от базовых станций и ее восстановления в зонах неполного покрытия. Сделать это необходимо без существенного увеличения массы и габаритов абонентского терминала. Один из возможных путей решения этой проблемы – использование внешней антенны. Предлагается решение указанной задачи в виде модифицированного штыревого монополя с метаструктурой ENG- типа, состоящей из цилиндра радиусом 0.5 высотой, окруженного метаматериалом, макроразмер которого соответствует четверти длины волны для частоты  $f=900$  МГц. Роль земляной платы играет медная пластина размерами  $1 \times 50 \times 50$  мм. Структура несимметричного вибратора смоделирована в среде HFSS (рис.1).



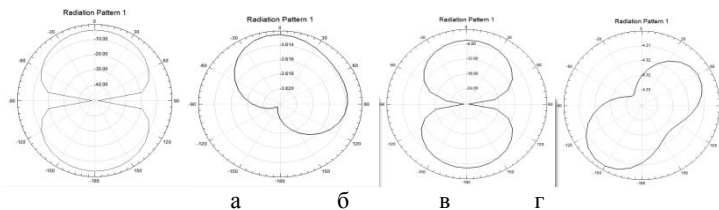
а) геометрия б) 3D ДН вибратора на частоте 0.9 ГГц в) 3D ДН на частоте 2.4 ГГц;

**Рисунок 1 – Геометрия и 3D ДН**

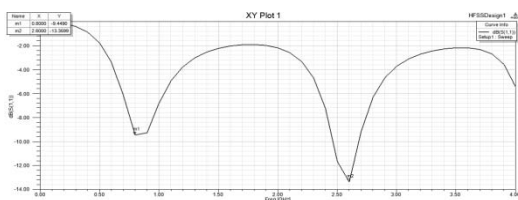
На рис. 2 изображены ДН в главных сечениях на резонансных частотах

Степень согласования характеризует зависимость коэффициента отражения  $S_{11}$  штыревой антенны с метаструктурой в виде ENG-среды от частоты в диапазоне от 0.1 ГГц до 4 ГГц.

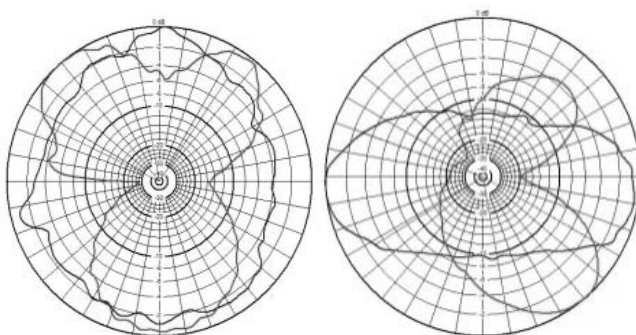
Экспериментальные ДН в вертикальной и горизонтальной плоскостях модифицированного монополя с метаматериалом изображены на рис.4.



а) 0.9 ГГц, б) 2.4 ГГц – в плоскости, параллельной подложке,  
в) 0.9 ГГц, г) 2.4 ГГц – в плоскости, перпендикулярной подложке;  
**Рисунок 2** – ДН в главных сечениях на резонансных частотах



**Рисунок 3** – Частотные характеристики антенны



а) 0,96 ГГц, б) 1,8 ГГц;  
**Рисунок 4** – Экспериментальные ДН

В результате проделанных теоретических и экспериментальных исследований показано, что среди рассмотренных конструкций антенн наилучшие характеристики имеет антенна, состоящая из модифицированного монополя, окруженного цилиндрической поверхностью из ENG-метаматериала. За счет хорошего согласования с питающей линией она способна улучшить условия приема сигнала до достаточных даже в затененных местах, в горах, в лесу или в сельской местности, где количество базовых станций мобильных опе-



раторов невелико. Данные проведенных теоретических и экспериментальных исследований хорошо согласуются между собой. Преимущества предлагаемой антенны заключаются в том, что она позволяет уменьшить излучаемую мощность передатчика, поскольку за счет применения метаматериала электрически малая антенна имеет свойства большой. При этом улучшается качество приема сигнала и, тем самым, ускоряется доступ абонента к интернет-сети и услугам GPS за счет увеличения скорости передачи данных, причем, все это осуществляется с помощью одной антенны.

УДК 539.219.3

Матюшин В.М.

д-р физ.-мат. наук, проф. ЗНТУ

*Матюшин В.М.*

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ АТОМОВ И МОЛЕКУЛ ВОДОРОДА НА ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ И СТРУКТУРУ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ КРИСТАЛЛОВ

Проведен анализ структурных и электрофизических параметров монокристаллов кремния (удельное электрическое сопротивление,  $\tau_{\text{ннз}}$ , концентрация кислорода), в качестве среды выращивания которых использовали аргон, гелий и смесь  $\text{Ar}+\text{SiH}_4$ . Установлено существенное повышение  $\tau_{\text{ннз}}$  в монокристаллах, выращенных с использованием смеси аргона и моносилана, что можно объяснить закалкой центров рекомбинации, вызванной интенсивным охлаждением кристалла. Повышение теплопроводности смеси происходит за счет появления в ней атомарного водорода (Н), образующегося вследствие разложения моносилана при температуре выше 673 К. Эффект повышения  $\tau_{\text{ннз}}$ , обусловленный Н, оказался нестабильным во времени: после выдержки монокристаллов при комнатной температуре в течение пяти-шести месяцев наблюдалось снижение параметра в несколько раз.

Водород в Si находится преимущественно в атомарном состоянии в междоузлиях. Однако при наличии потенциальных ям, создаваемых дислокациями, может локализоваться в них, сглаживая потенциальный рельеф и увеличивая  $L$  и  $\tau$ . Однако энергия связи атома водорода Н с дислокацией невелика, и с течением времени Н уходит в газовую атмосферу. При этом  $L$  и  $\tau$  постепенно возвращаются к своему первоначальному значению.

Следовательно, уменьшение  $\tau$  кремниевых слитков можно связать с делокализацией атомов водорода с дислокаций и их последующей диффузией в объем кремния. Распространение водорода можно описать математически – как и в случае одномерной диффузии из ограниченного источника с концентрацией  $C_{0\text{H}}$  в тонком приповерхностном слое. При этом

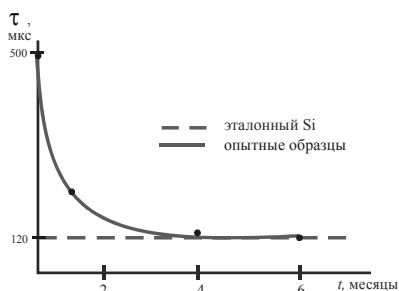
$$C_0^H = \frac{Q}{\sqrt{\pi Dt}},$$

где  $Q$  – общее количество атомов Н, введенное в кристалл кремния через  $1 \text{ см}^2$  поверхности за время диффузии;  $D$  – коэффициент диффузии Н в кремнии;  $t$  – время диффузии.

Предполагая, что  $Q$  и  $D$  в условиях эксперимента постоянны, полученное соотношение

$$\Theta(t) = \frac{C_H^0(t)}{Q} = \frac{1}{\sqrt{\pi D t}}$$

хорошо совпадает с экспериментально полученной зависимостью  $\tau(t)$  (рис.1).



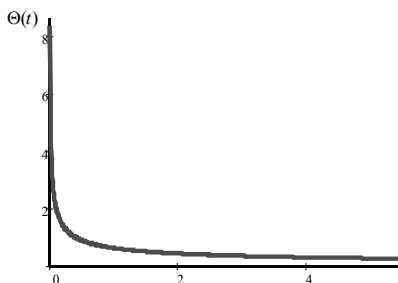
**Рисунок 1** – Экспериментальная зависимость  $\tau(t)$

Коэффициент диффузии водорода находится из формулы:

$$D = D_0 \exp\left(-\frac{E_a}{k_b T}\right),$$

где  $D_0$  – предэкспоненциальный множитель ( $2 \text{ см}^2/\text{с}$ );  $E_a$  – энергия активации процесса диффузии ( $0,18 \text{ эВ}$ );  $T$  – температура диффузии ( $300 \text{ К}$ ).

Водород активно деабсорбируется в газовую фазу через пленку естественного окисла  $\text{SiO}_2$  в процессе выдержки в нормальных условиях (атмосферное давление, комнатная температура). То есть его концентрация в объеме кристаллов кремния уменьшается (рис.2).



**Рисунок 2** – Изменение концентрации водорода в Si со временем (расчет)

Таким образом, повышение  $\tau_{\text{ннз}}$  может быть обусловлено выходом атомарного водорода из преимущественно межузельного положения в решетке кремния и локализацией в потенциальных ямах, создаваемых дислокациями. Это приводит к «сглаживанию» потенциального рельефа, увеличению длины свободного пробега носителей  $L$  и соответственно  $\tau_{\text{ннз}}$ . Однако энергия связи атома водорода с дислокацией невелика и с течением времени (при отсутствии дополнительного потока водорода) он уходит из кристалла в газовую атмосферу. При этом  $L$  и  $\tau_{\text{ннз}}$  постепенно возвращаются к своему первоначальному значению.

УДК 539.21

Погосов В.В.<sup>1</sup>, Бабич А.В.<sup>2</sup>, Вакула П.В.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> д-р физ.-мат. наук, зав. каф. МиНЭ ЗНТУ

<sup>2</sup> канд. физ.-мат. наук, доц. ЗНТУ

<sup>3</sup> асист. ЗНТУ

*Погосов В.В., Бабич А.В., Вакула П.В.*

## **ПОЗИТРОННЫЕ СОСТОЯНИЯ В ВАКАНСИИ НА ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛА**

Одним из методов диагностики вещества является метод аннигиляции позитронов. Инжектированный в среду позитрон быстро термализуется, рассеиваясь на фононах. Являясь античастицами, электрон и позитрон могут попарно аннигилировать с испусканием квантов. Работа выхода и время жизни позитрона в металле являются измеряемыми характеристиками.

Работа выхода электронов из металла всегда положительна (металл для электронов является потенциальной ямой). Для одних металлов работа выхода позитронов положительна (например, Na), а для ряда других отрицательна (например, Al). За поверхностью взаимодействие позитрона и металла определяется силами изображения, которые вблизи от поверхности реализуют потенциальную яму и, соответственно, поверхностные состояния для позитрона. Для электронов проводимости вакансии в металле представляет собой потенциальный барьер, а для позитронов – потенциальную яму, способную их связывать. Измерение времени жизни позитронов, потока обратной эмиссии и работы выхода позволяют судить о дефектном состоянии вещества.

В данной работе на основе предложенного подхода численно решена задача по поиску связанных состояний позитронов в вакансиях и на поверхности металла; вычислены энергии связи и время жизни в этих состояниях;

определен вклад вакансий в работу выхода позитрона и его эффективную массу.

Для вычисления вакансионных вкладов в работу выхода позитрона и его эффективной массы использовались фазы рассеяния и профили потенциалов для невозмущенных вакансий.

Следуя полученным данным независимо от сорта металла  $\langle \delta v_{\text{eff}}^p \rangle_v^p < 0$  и, за исключением Na,  $T_0^p > 0$ . Поэтому  $\delta W_v^p > 0$  для Na ( $W_\infty^p > 0$ ), а для остальных металлов  $\delta W_v^p < 0$  ( $W_\infty^p < 0$ ). Для малых концентраций вакансий поведение  $\delta W_v^p(n_v)$  близко к линейному.

В оптическом приближении вклад вакансий в  $W^p$  ничтожно мал для Na, но не для других металлов. Выбирая максимальные значения компонент  $\delta W_v^p(n_v)$ , имеем соответственно  $\delta W_v^p/W_\infty^p \approx 0.1$ , 6 для Al ( $n_v = 0.4\%$ ) и Zn ( $n_v = 0.8\%$ ). Если же использовать экспериментальные кристаллографические значения работ выхода  $\delta W_\infty^p = -0.19, -0.05, -0.04$  eV соответственно для Al(100), (110), (111), то отношение величин  $\delta W_v^p/W_\infty^p$  изменится в десятки раз. Величина  $W_\infty^p$  также зависит от диэлектрического слоя, нанесенного на поверхность образца и отношение величин  $\delta W_v^p / \delta W_\infty^p$  может изменить знак.

Если  $L_v^p > 0$ , то способ определения  $m_{\text{eff}}^p$  аналогичен определению  $m_{\text{eff}}^e$  для электронов. Оказалось, что невысокая концентрация вакансий сильно влияет на эффективную массу позитронов.

Для Na ( $L_v^p < 0$ ) величину  $m_{\text{eff}}^p$  оценивали, используя фазу рассеяния  $\delta_1^p(k)$  квазисвободного позитрона на уединенной вакансии при  $k = \kappa_0$ .

Мы ожидали для Na результат  $m_{\text{eff}}^p/m_p < 1$ , поэтому был проведен расчет при  $n_v/n_a = 0.1\%$  ( $R_v \approx -2L_v^p$ ), в результате которого получено значение  $m_{\text{eff}}^p/m_p = 0.99$ . Скорее всего такой результат не связан с ошибками вычисления, а свидетельствует о нелинейной зависимости  $m_{\text{eff}}^p(n_v)$  при более высоких концентрациях вакансий Na, при которых оптическое приближение не пригодно. Напомним, что в сильно коррелированной сверхрешетке вакансий подвижность и длина рассеяния позитрона должна существенно зависеть от  $n_v$ .

УДК 539.21

Погосов В.В.<sup>1</sup>, Бабич А.В.<sup>2</sup>, Вакула П.В.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>д-р физ.-мат. наук, зав.каф. МиНЭ

<sup>2</sup>канд физ.-мат. наук, доц. ЗНТУ

<sup>3</sup>асист. ЗНТУ

*Погосов В.В., Бабич А.В., Вакула П.В.*

## **ВАКАНСИИ В МЕТАЛЛЕ**

В рамках метода Кона-Шема и модели стабильного желе выполнены самосогласованные вычисления пространственных распределений электронов и потенциалов в уединенной сферической полости (с атомным радиусом  $R_{ws}$ ) ячейки Вигнера-Зейтца, энергии образования вакансии, а также вакансионного вклада в электрическое сопротивление. Вычисленные фазы рассеяния и представление системы вакансий, как «сверхрешетки» в металле, позволили найти сдвиг энергии основного состояния электронов в ячейке Вигнера-Зейтца радиусом  $R_v \gg R_{ws}$  ( $R_v$  – среднее расстояние между вакансиями), вклад вакансий в работу выхода и эффективную массу электронов.

Определение роли равновесных и неравновесных дефектов в процессах нагрева электронов, а также разрушения твердых тел под действием лазерного излучения или циклических механических нагрузок является актуальной проблемой. Анализ временных спектров аннигиляции и времени жизни инжектированного в дефектный металл позитрона зависит от концентрации электронов окружения, что позволяет различать дефекты, определять их концентрацию и энергию образования.

Модель стабильного желе оказалась успешной в описании свойств поверхности металла. Она применялась для расчета вакансий и кривой поверхности, упруго деформированного металла, металла с диэлектрическим покрытием и металл-диэлектрических сэндвичей.

Ab initio вычисления, например, энергии образования вакансий, требуют сложной системы подгонки к результатам эксперимента. В модели стабильного желе электрон-электронное, ион-ионное и электрон-ионное взаимодействие усредняется по объему ячейки Вигнера-Зейтца, поэтому энергетические характеристики металла описываются «в среднем». Модель требует знания только среднего расстояния между атомами и валентности.

Для проведения самосогласованных вычислений авторами самостоятельно разработан компьютерный код. Фазы рассеяния являются ключевым результатом вычислений.

Вблизи вакансии фриделевские осцилляции  $n(r)$  гораздо слабее, и наблюдается более быстрое их убывание по мере удаления от вакансии. Такое поведение плотности электронов отражается и на поведении потенциалов. Фазы электронных волн непосредственно определяют вклад от изменения кинетической энергии электронов в энергию  $\varepsilon_v$  и электрическое сопротивление  $\rho_v$ .

В теории Друде для подгонки расчетных значений проводимости металла концентрация электронов проводимости, а следовательно и валентность  $Z$  являются подгоночными параметрами. Оставаясь в рамках концепции газа свободных электронов и выбирая  $Z$  в качестве подгоночного параметра, мы получили значения  $\varepsilon_v=0,737$  (Al,  $Z=2$ );  $0,926$  (Cu,  $Z=4$ );  $0,530$  eV (Pb,  $Z=1,5$ ), более близкие к экспериментальным. Для этих же значений  $Z$  получен набор величин  $\rho_v=0,956$  (Al);  $0,606$  (Cu);  $1,420$   $\mu\Omega\text{cm}/\%$  (Pb).

Воспользовавшись опытом наших предыдущих работ, в которых построены псевдопотенциалы  $s$ - и  $p$ -фаз рассеяния электрона или позитрона в ячеечной модели поляризационных потенциалов. Основой такого построения были ранее вычисленные из первых принципов фазы рассеяния на уединенных атомах инертных газов. Как следует, вакансионная часть  $v_{\text{eff}}(r)$  создает потенциал типа поляризационного с «твердой» сердцевинкой и, на первый взгляд, слабой поляризуемостью. Линеаризуя зависимость  $s$ - фазы (рис. 2), получим  $L_v=1,85, 1,56, 1,93, 2,47 a_0$  для Na, Cu, Al, Pb, соответственно ( $L_v \ll R_v$ ). Отметим, что длина рассеяния электрона на атоме He равна  $1,16 a_0$ .

Вычисления показали изменение работы выхода на  $-0,03$  eV при увеличении объема образца Al на 1%. При таком же увеличении объема за счет появления вакансий с концентрацией 1% изменение работ выхода ( $-0,15$  eV) превышает эффект упругих деформаций в 5 раз.

Из полученных данных можно сделать важный вывод. Величина среднего поля в ячейке  $\langle \delta v_{\text{eff}}^p \rangle_v$  при изменении  $n_v$  от 1 до 5% увеличивается в несколько раз. Это говорит о том, что при таких концентрациях вакансии должны сильно взаимодействовать между собой, и в данном подходе эффект даже среднего поля недооценен. Даже при  $n_v=1(5)\%$  показательный расчет для Al дает заметные величины  $\langle \delta v_{\text{eff}}^p \rangle_v = 0,010(0,049^\circ \text{ eV})$ .

УДК 669.1:537.621.4

Сніжної Г.В.<sup>1</sup>, Сажнів В.М.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> канд. фіз.-мат. наук, доц. ЗНТУ

<sup>2</sup> канд. техн. наук, нач. НДЧ

*Сніжної Г.В., Сажнів В.М.*

## **ЗАЛЕЖНІСТЬ НАМАГНІЧЕНОСТІ АУСТЕНІТУ ВІД КОНЦЕНТРАЦІЇ НІКЕЛЮ В ЛИТИХ ХРОМОНІКЕЛЕВИХ СТАЛЯХ**

Дослідження фізичних властивостей аустеніту важливо для визначення методів термічної та деформаційної обробки. Визначення магнітної сприйнятливості  $\chi_0$  в сталях аустенітного класу сприятиме прогнозуванню їхньої зварюваності, деформованості та інших технологічних властивостей. Тому встановлення залежності між вмістом нікелю і магнітним станом аустеніту є актуальним завданням, вирішення якого може мати значний практичний інтерес для виробництва.

Дослідні плавки проводили в ливарній лабораторії Запорізького національного технічного університету в 10 кг індукційної тигельної печі з кислотою футеровкою. Шихта складалася з брухту сталі 08 кг за ГОСТ 10501-88, феросплавів (феросиліцій ФС65 по ГОСТ 1415-93, ферохром ФХ001А по ГОСТ 4757-91), марганцю електролітичного лускатого Мн 99,7, порошку нікелевого електролітичного ПНЕ-2 за ГОСТ 9722-97. Плавки проводили сплавленням і використанням методу порціонного розливання. Вихідний розплав N1 містив: С – 0,09%; Si – 1,2%; P – 0,015%; S – 0,015%; Cr – 16,8%; Mn – 0,95%; Cr – 0,035%; V – 0,018%; Mo – 0,032%; Co – 0,022%; Nb – 0,01%; Sn – 0,006%; Ni – 11,99%. При цьому, внаслідок застосування однієї вихідної плавки виключався вплив інших технологічних параметрів, що дозволяло визначити вплив зростаючого вмісту нікелю в сталі на досліджувані фактори в чистому вигляді. Після відбору кожної порції металу вводився порошок нікелю, вміст нікелю в наступних порціях склав: N2 – 13,15%; N3 – 14,47%; N4 – 15,76%.

Встановлено, що питома магнітна сприйнятливості аустеніту  $\chi_0$  із підвищенням вмісту нікелю в цих межах підвищується за лінійним законом від  $3,16 \cdot 10^{-8}$  до  $4,19 \cdot 10^{-8}$  м<sup>3</sup>/кг ( $R^2=0,96$ ), що характеризується досить стабільною структурою аустеніту.

Запропонована методика визначення вмісту нікелю в корозійностійких сталях за парамагнітною сприйнятливостю аустеніту надає можливість ефективного контролю їхньої структури і властивостей.

УДК 621.382

Жавжаров Є.Л.

канд. фіз.-мат. наук, доц. ЗНТУ

*Жавжаров Є.Л.*

## **МОДИФІКАЦІЯ ПЛІВОК МІДІ НАНОМЕТРОВОЇ ТОВЩИНИ АТОМАРНИМ ВОДНЕМ**

Електрофізичні властивості та широкий спектр унікальних ефектів, що мають місце лише у тонких металевих плівках, зумовлюють не лише їх практичне використання у багатьох пристроях сучасної мікро- та наноелектроні-



ки, оптоелектроніки, техніки НВЧ, але й дозволяють отримати цінну інформацію, необхідну для розв'язання фундаментальних проблем фізики поверхні та фізики твердого тіла.

Властивості тонких металевих плівок визначаються процесами, що відбуваються на їхній поверхні. Для отримання тонких плівок на поверхні твердого тіла із заданими параметрами часто використовують високотемпературні процеси відпаду, складні багатостадійні процеси, необхідні для зміни чи поліпшення їх електрофізичних параметрів.

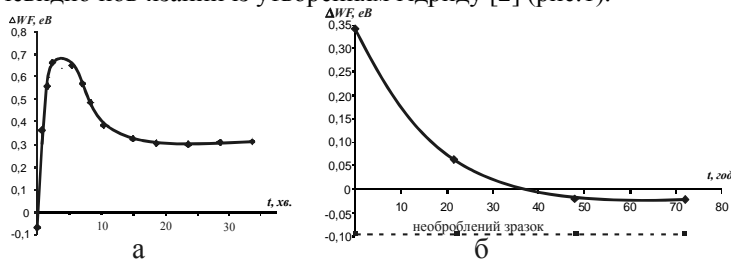
Для цілеспрямованої зміни властивостей тонких плівок і гетеромежі «тонка плівка – підкладки» може бути використана активна газова частинка – атомарний водень (Н). При рекомбінації атомів водню в молекули на поверхні твердих тіл виділяється порівняно велика енергія ( $\sim 4.5$  еВ на акт рекомбінації), яка, у разі її передачі поверхневим атомам, може стимулювати дифузійні процеси в приповерхневих і об'ємних ділянках як металевих плівок, так і твердого тіла, на яке ці плівки нанесені.

У роботі досліджено вплив обробки атомарним воднем на електрофізичні властивості тонких плівок міді. Нанометрові плівки міді отримували термічним випаровуванням у вакуумі при остаточному вакуумі  $10^{-5}$  мм рт.ст. Товщина плівки контролювалася методом кварцового мікрозважування і варіювалася від 5 до 75 нм. У якості підкладок використано зразки: ситалу СТ-51, полірованого скла і n-Ge різної шорсткості.

Обробка зразків атомарним воднем виконувалася в камері проточного типу [1] при концентраціях атомарного водню  $10^{14} \dots 10^{16}$  см $^{-3}$ .

Дослідження поверхневого потенціалу за методом Кельвіна показали, що із збільшенням товщини плівок потенціал поверхні залежить від товщини плівки і електрофізичних властивостей підкладки тільки на стадіях зростання плівки від окремих зародків до електрично-суцільної плівки. Отже, спостерігається стабілізація поверхневого потенціалу тонкої плівки на рівні +100 мВ при товщині плівки понад 10 нм.

Дослідження методом Кельвіна показали, що обробка зразків супроводжується комплексом конкуруючих процесів, що дещо ускладнює їх інтерпретацію. Зміна потенціалу поверхні залежно від часу обробки Н має екстремум, очевидно пов'язаний із утворенням гідриду [2] (рис.1).



а – під час обробки атомарним воднем при  $C_H=10^{16}$  см $^{-3}$ ;

б – при зберіганні за кімнатних умов

**Рисунок 1** – Зміна потенціалу плівки Cu (40 нм)

Екстремуму потенціалу поверхні відповідає зміна кольору поверхні з яскраво-жовтого на темно-коричневий. Характерною особливістю є те, що гідрид  $CuH_x$  утворюється лише при невеликих дозах обробки. Утворення гідриду підтверджують зміни спектрів пропускання (200...1200 нм).

При великих дозах (тривалість і концентрація Н) домінуючим механізмом слід вважати процеси масоперенесення атомів міді внаслідок розпилення поверхневих шарів під дією енергії рекомбінації атомарного водню в молекулярний. Дослідження спектрів пропускання світла тонкоплівкових зразків і чистих підкладінок, що слугували столиком при обробці, показали, що під час обробки зразки стоншуються (збільшується пропускання) у середньому із швидкістю 0.3 нм/хв. за рахунок розпилення. Внаслідок зменшення товщини зменшується електропровідність зразків. Одночасно спостерігається осадження надтонких плівок міді на підкладинку-столік, що було зафіксовано візуально та за зміною спектрів пропускання столика. Так, обробка зразків протягом 20 хв. призводить до утворення на чистій поверхні столика плівки товщиною близько 2 нм.

Отже, обробка тонкоплівкових зразків атомарним воднем дозволяє проводити як цілеспрямовану зміну їх електрофізичних властивостей вже сформованих на підкладинках плівок, так і нанесення надтонких плівок на поверхню твердого тіла за умов низького вакууму.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Матюшин, В.М. Радикалорекомбінаційна обробка мікроструктур [Текст]: монографія /В.М. Матюшин, Є.Л. Жавжаров. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2011. – 196 с.
2. Антонова, М.М. Препаративная химия гидридов [Текст] /М.М. Антонова, Р.А. Морозова.- К.: Наук. Думка, 1976. – 99 с.

УДК 004.383.3

Нагорна Н.М.

старш. викл. ЗНТУ

*Нагорна Н.М.*

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПІДХОДІВ ДО ВИБОРУ БЛОКІВ КЕРУВАННЯ КЛЮЧАМИ ДС/ДС-ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

Світовою промисловістю виробляється велика кількість схем керування для різних типів DC/DC-перетворювачів. Тому при розробці проекту конкретного пристрою особливо важливе попереднє визначення оптимальної сукупності критеріїв вибору як типу самого DC/DC-перетворювача, так і схеми його керування.

При вказаному підході зручно представити пристрій як електронну систему, структурна схема якої складається зі взаємозв'язаних блоків: джерела вхідного сигналу, перетворювача зі схемою керування, блоку навантаження. У свою чергу, в блоці перетворювача можна виділити підблоки контролера і силових частини перетворювача.

Найважливішими системними параметрами джерела вхідного сигналу є діапазон зміни вихідної напруги та вихідний імпеданс.

Системними параметрами блоку навантаження є допустимий коефіцієнт пульсацій вхідної напруги, ймовірність виникнення режиму короткого замикання навантаження, максимальна швидкість змінення струму навантаження, періодичність зміни навантаження у допустимому діапазоні тощо.

Без детального вивчення поведінки і характеристик джерела вхідного сигналу і навантаження неможливо вибрати тип DC/DC-перетворювача. Важливо також оцінити вимоги до конструктивних і вартісних параметрів пристрою.

Після вибору типу DC/DC-перетворювача вибирається мікросхема контролера на основі результатів попередніх оцінок:

- необхідної максимальної частоти контролера;
- допустимих інтервалів зміни вхідної напруги, вихідної напруги перетворювача, температури;
- струму споживання у режимі очікування;
- поведінки перехідних процесів при змінненні струму навантаження;
- виду керування (за струмом, за напругою);
- необхідності частотної корекції у ланцюгу зворотного зв'язку для забезпечення стійкої роботи пристрою;
- спеціальних вимог типу можливості виконання зовнішньої синхронізації, дистанційного вимкнення тощо).

Тенденцією розвитку контролерів є збільшення тактової частоти, яка суттєво впливає на габарити перетворювача, особливо на габарити котушок індуктивностей і трансформаторів. Якщо контролер підтримує функцію підключення зовнішнього тактового генератора, то при активізації цієї функції можна збільшити тактову частоту порівняно з частотою внутрішнього генератора контролера, при цьому з'являється можливість синхронізувати роботу інших пристроїв системи.

Якщо струм навантаження швидко змінюється у часі, необхідна, наприклад, корекція частотної характеристики III типу, яка забезпечує стійку роботу пристрою, при цьому у вихідних фільтрах можна використовувати дешеві керамічні конденсатори.

Якщо у якості джерела живлення вибирається акумулятор чи акумуляторна батарея, то бажано вибрати тип контролера, який підтримує максимальне заповнення імпульсів при широтно-імпульсній модуляції. Сучасні контролери підтримують заповнення імпульсів у 100%, що дозволяє максимально використати енергію джерела, а також підвищити коефіцієнт корисної дії перетворювача.

Дуже важлива також оцінка сервісних функцій контролерів при виборі мікросхеми контролера, наприклад, функцій:

- плавного старту для обмеження пускових струмів;
  - блокування струму, що втікає у перетворювач з навантаження під час запуску;
  - відключення при перегріві кристалу контролера з гістерезисним поверненням до нормального режиму;
  - моніторингу переходу ключових силових транзисторів у лінійний режим роботи;
  - захисту від струмових перенавантажень з подальшим відновленням нормальної роботи пристрою, наявності «сплячого режиму»;
  - переходу до режиму пропуску імпульсів при малому навантаженні;
  - наявності гальванічної розв'язки у ланцюзі зворотного зв'язку;
  - блокуванні при зменшенні вхідної напруги до недопустимого рівня.
- Отже, системний підхід при виборі контролерів в якості блоків керування ключами DC/DC-перетворювачів оптимізує процес такого вибору.

# Наукове видання

ТИЖДЕНЬ НАУКИ – 2014

Збірник тез доповідей щорічної  
науково-практичної конференції серед викладачів, науковців,  
молодих учених, аспірантів і студентів ЗНТУ

14–18 квітня 2014 року

Том 1

Упорядник **Висоцька** Наталя Іванівна

Технічний редактор *Висоцька Н. І.*  
Відповідальний за випуск *Висоцька Н. І.*

Оригінал-макет підготовлено в науково-дослідній частині та редакційно-  
видавничому відділі ЗНТУ

Підписано до друку 6.11.2014. Формат 60×84 1/16. Ум. друк. арк. 17,9.  
Тираж 12 прим. Зам. № 1259.  
69063, м. Запоріжжя, ЗНТУ, вул. Жуковського, 64, друкарня ЗНТУ  
Запорізький національний технічний університет  
Україна, 69063, м. Запоріжжя, вул. Жуковського, 64  
Тел.: 8(0612) 769-82-96, 220-12-14

Свідцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2394 від 27.12.2005.