

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БІЛОРУСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
КИРГИЗСЬКИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФРАЙБЕРГСЬКА ГІРНИЧА АКАДЕМІЯ (Німеччина)
ІНСТИТУТ ЕЛЕКТРОМЕХАНІКИ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ І СИСТЕМ
УПРАВЛІННЯ КРЕМЕНЧУЦЬКОГО ДЕРЖАВНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ
МИХАЙЛА ОСТРОГРАДСЬКОГО
УНІВЕРСИТЕТ ІНФОРМАТИКИ І ТЕХНОЛОГІЇ “СВЯТИЙ АПОСТОЛ
ПАВЕЛ” (Македонія)
ГРУЗИНСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
L'ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ELECTRICITE ET DE MECANIQUE
(ENSEM) – MAROC

ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ І МЕХАНІЗАЦІЇ В ГІРНИЧО-МЕТАЛУРГІЙНОМУ КОМПЛЕКСІ

Міжнародна науково-технічна конференція молодих вчених і студентів

МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ



Видавництво
Криворізький національний університет
2019

Проблеми енергозбереження і механізації в гірничо-металургійному комплексі:
Матеріали молодіжної науково-технічної конференції
– Кривий Ріг: КНУ, 2019.
– 326 с.

У збірнику опубліковано матеріали праць аспірантів, молодих вчених, магістрів і студентів з актуальних проблем енергозбереження і механізації в гірничо-металургійному комплексі. Пропонуються перспективні ідеї, аналіз конкретних проблемних питань гірничо-металургійної галузі, подано розробки готові до впровадження.

Призначений для використання в практичній діяльності аспірантів, студентів, магістрів та фахівців гірничо-металургійної галузі.

За наказом Міністерства освіти і науки України від 08.02.2019 №22.1/10-405,
на виконання листа ДНУ «Інститут модернізації змісту освіти» від 29.11.2018
№22.1/10-4453 «Про формування переліку міжнародних, всеукраїнських науково-практичних
конференцій здобувачів вищої освіти і молодих учених у 2019 році»

Міжнародна науково-технічна конференція молодих вчених і студентів
ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ І МЕХАНІЗАЦІЇ В ГІРНИЧО-МЕТАЛУРГІЙНОМУ
КОМПЛЕКСІ

Криворізький національний університет, 25 квітня 2019 р., м.Кривий Ріг

МІЖНАРОДНИЙ ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

Бахтіяр Бакас Уулу – канд. екон. наук, Киргизський економічний університет, м.Бішкек, Киргизська Республіка

Дребенштедт Карстен – доктор філософії професор, керівник департаменту відкритих гірничих робіт, Фрайбергска Гірнична Академія, Густав-Цейнер, Фрайберг, Німеччина

Зубов Дмитро Анатолійович – професор комп'ютерних наук, Університет інформатики і технології “Святой апостол Павел”, Македонія

Разиков Вахід Абдукахорович – докт. екон. наук, професор кафедри «Виробничий менеджмент», Таджикський технічний університет імені М.С.Осіми та професор кафедри «Металургія» Філії Національного дослідного технологічного університету «Московський інститут сталі і сплавів», м. Душанбе, Таджикистан

Скелтон Рік – незалежний консультант по відкритим гірничим роботам, м.Кардіфф, Великобританія

Кологривко А.А. – начальник управління підготовки наукових кадрів вищої кваліфікації Білоруського національного технічного університету

Abdelmajid Berdai – Professeur Universitaire Genie Electrique, L'ecole nationale superieure d'electricite et de mecanique

Едиберидзе Олександр Георгійович – докт. техн. наук, професор, Грузинський технічний університет (Державний технічний університет), м.Тбілісі, Грузія

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

Моркун В.С. – голова комітету проректор з наукової роботи Криворізького національного університету, докт. техн. наук, професор, Лауреат державної премії України в області науки і техніки

Кривенко О.Ю. – заступник голови комітету, канд. техн. наук, доцент, голова наукового товариства, студентів, аспірантів, докторантів та молодих вчених КНУ

Дубровський С.С. – декан ММФ КНУ, канд. техн. наук, доцент

Щокін В.П. – зав. кафедрою електропостачання та енергетичного менеджмента КНУ, докт. техн. наук, професор

Громадський А.С. - зав. кафедрою гірничих машин та обладнання КНУ, докт. техн. наук, професор

Цивінда Н.І. – канд. техн. наук, доцент кафедри технології машинобудування КНУ

Бондар О.В. – канд. техн. наук, доцент кафедри технології машинобудування КНУ

Відповідальний за випуск	Цивінда Наталія Іванівна, канд. техн. наук, доцент кафедри технології машинобудування
Редакційна колегія	Чернявська Ольга Вікентіївна, старший викладач кафедри технології машинобудування Лаухіна Любов Іллівна, старший викладач кафедри технології машинобудування

ЗМІСТ		
	Пленарне засідання	
1.	S. Morkun, ScD, Professor, A.V. Pikilnyak, PhD, Professor Associate, (Ukraine, Kryvyi Rih, Kryvyi Rih National University) STABILITY EVALUATION OF ADAPTIVE CONTROL SYSTEM OF THE GAS BUBBLE SIZE DISTRIBUTION	20
2.	С.С. Дубровський к.т.н., доцент, декан механіко-машинобудівного факультету (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) НАУКОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ СТУДЕНТІВ ЯК ЗАПОРУКА УСПІХУ ІННОВАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ФАХІВЦЯ НА ВИРОБНИЦТВІ	24
3.	Н.І. Цивінда, канд. техн. наук, доц., О.В. Чернявська, ст. викладач, Л.І. Лаухіна, ст. викладач (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) ПІДВИЩЕННЯ ПРОФЕСІЙНОЇ ПРИВАБЛИВОСТІ ПРОФЕСІЇ МЕХАНІКА ЗАЛУЧЕННЯМ СТУДЕНТІВ КОЛЕДЖІВ ДО НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ	26
4.	E.V. Berezshnaya (Ukraine, Kramatorsk, Donbass State Engineering Academy) INVESTIGATION OF THE STRUCTURAL FACTOR OF RENOVATED SAMPLES MICROPLASTICITY	27
	Секція 1. Актуальні питання, тенденції розвитку, економічні та організаційні аспекти енергозбереження і механізації в гірничо-металургійному комплексі, інженерної освіти і наукових досліджень	
1.	Ю.А., Волошина ,Н.П. Мельниченко, канд.тех.наук, доц. (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ У ВИРОБНИЦТВІ	28
2.	О.О. Вусик, А.М. Пижик, канд.техн.наук, доц. (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ПОШАРОВОГО ФРЕЗЕРУВАННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД ГІРНИЧИМИ КОМБАЙНАМИ НА ГЛИБОКИХ КАР'ЄРАХ	31
3.	А.М. Литвин, Т.А. Комісаренко, канд. техн. наук, доц. (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) ДОСЛІДЖЕННЯ ВИКИДІВ ШКІДЛИВИХ ГАЗІВ І ПИЛУ В АТМОСФЕРУ ПРИ МАСОВИХ ВИБУХАХ У КАР'ЄРАХ ЗА ДОПОМОГОЮ БПЛА	33
4.	В.С. Лазарєв, О.О. Харитонов, О.Є. Мельник (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУЮЧИХ РІШЕНЬ ПО ПРОФІЛАКТИЦІ ЕЛЕКТРОТРАВМАТИЗМУ У ГІРНИЧОЗБАГАЧУВАЛЬНОМУ КОМПЛЕКСІ	36

5.	О.О.Вусик, А.М. Пижик ,канд.техн.наук, доц. (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) АНАЛІЗ ВПРОВАДЖЕННЯ СУЧАСНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ПОШАРОВОГО ФРЕЗЕРУВАННЯ ПОРІД, ЯК АЛЬТЕРНАТИВА ДІЮЧІЙ ТЕХНОЛОГІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ БУРО-ПІДРИВНИХ РОБІТ	40
6.	В.В.Білаш, М.В. Домнічев , канд. техн. наук, доц. (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) СПОСОБИ КОНТРОЛЮ СТАНУ ПОВІТРЯНОГО БАСЕЙНУ	41
7.	О.О. Головань, Н.П.Мельниченко, канд. техн. наук, доц. (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) КОМБІНАТОРИКА ГЕОМЕТРИЧНИХ ОБРАЗІВ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ФІРМОВИХ ЗНАКІВ	43
8.	О.О. Вусик, А.М. Пижик канд.техн.наук, доц. (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) ПОШАРОВЕ ФРЕЗЕРУВАННЯ НАПІВСКЕЛЬНИХ І СКЕЛЬНИХ ГІРСЬКИХ ПОРІД ГІРНИЧИМИ КОМБАЙНАМИ НА ЗАЛІЗОРУДНИХ КАР'ЄРАХ	46
9.	Д.В. Заболотний, Н.П. Мельниченко, канд. тех. наук, доц. (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) УДОСКОНАЛЕННЯ ОХОРОНИ ПРАЦІ В ГІРНИЧО- МЕТАЛУРГІЙНОМУ ВИРОБНИЦТВІ	48
10.	І. М.Ревенко, учень 8 класу, В. П.Шведун, керівник, вчитель біології (Україна, Кривий Ріг, КЗШ І-ІІІ ступенів № 79) ВПЛИВ ПАРНИКОВОГО ЕФЕКТУ НА ЖИТТЄДІЯЛЬНІСТЬ ЖИВИХ ОРГАНІЗМІВ	51
11.	В.О.Федусов, О.А.Гулівець, канд. техн. наук, доц., С.Ю.ОЛІЙНИК, викладач (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ДЕМПФУВАННЯ ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ У ЗАЧЕПЛЕННІ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС	53
12.	У.І. Зюган, К.М. Романенко, канд. техн. наук, доц. (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) СИСТЕМИ ІНЕРЦІЙНОГО ДЕМПФУВАННЯ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ У СЕЙСМОСТІЙКОМУ БУДІВНИЦТВІ	57
13.	О.О. Вусик, А.М. Пижик ,канд. техн. наук, доц. (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) СУЧАСНИЙ СТАН РОЗРОБКИ ГІРСЬКИХ ПОРІД КАР'ЄРНИМИ КОМБАЙНАМИ ПОШАРОВОГО ФРЕЗЕРУВАННЯ	60
14.	А.С. Чумак, О.А.Гулівець, канд. техн. наук, доц. С.Ю.ОЛІЙНИК, (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) ВЕКТОРНИЙ МЕТОД ДИФЕРЕНЦЮВАННЯ ВЕКТОРНИХ ФУНКЦІЙ СКАЛЯРНОГО АРГУМЕНТА ПРИ ВИРІШЕННІ КІНЕМАТИЧНИХ ЗАДАЧ	62

15.	О.О.Вусик, А.М. Пижик, канд. техн. наук, доц. (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) ОБҐРУНТУВАННЯ МОЖЛИВОСТІ РОБОТИ ФРЕЗЕРНИХ КОМБАЙНІВ ПРИ ПЕРЕОЗБРОЄННІ ЗАЛІЗОРУДНИХ КАР'ЄРІВ	68
17.	К.М.Романенко, канд. техн. наук, доц. (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) ЕФЕКТИВНІСТЬ ВІДНОВЛЕННЯ ДО ПРОЕКТНИХ ПАРАМЕТРІВ ПОПЕРЕЧНОЇ РАМИ ПРОМИСЛОВОЇ СПОРУДИ ПРИ СЕЙСМІЧНИХ НАВАНТАЖЕННЯХ	70
18.	О.О.Вусик аспірант, А.М.Пижик, канд. техн. наук, доц. (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБКИ МАСИВУ ГІРСЬКИХ ПОРІД КАР'ЄРНИМИ КОМБАЙНАМИ ПОШАРОВОГО ФРЕЗЕРУВАННЯ	72
19.	М.А.Франузо, В.В.Кучма, канд.тех.наук, доц. (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) О ЧАСТОТЕ СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ МАЧТЫ СБШ-250 МН	74
20.	В. Ю. Білоножко, ст. викладач (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) СУЧАСНІ МЕТОДИ СТОПОРІННЯ НАРІЗНИХ З'ЄДНАНЬ	78
21.	Д.Г.Ковальов, С.Г.Доленко, А.П.Мазурова, викладач спеціальних дисциплін, Л.В.Баранова, викладач спеціальних дисциплін (Україна, Кривий Ріг, Криворізький будівельний коледж) МОНОЛІТНЕ БУДІВНИЦТВО	83
22.	В.І.Мунтяну, учениця 10-А класу, І.Г.Васильєва, вчитель хімії вищої категорії (Україна, Кривий Ріг, КЗОШ І-ІІІ ступенів № 17) ДОСЛІДЖЕННЯ РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ КУЛЬТУРИ ШКОЛЯРІВ	86
	Секція 2. Енергетика. Ефективність використання енергії	
1.	I.E.Petrenko, V.D. Baranovskiy, Research Supervisor M.L. Baranovska Language Supervisor T.V. Kurbatova (Ukraine, Kryvyi Rih, the Kryvyi Rih National University) MODERNIZATION OF K-500-61-1 COMPRESSOR ELECTRIC DRIVE	87
2.	А.Ю.Мячин, Н.П.Мельниченко, кан.техн.наук, доц. (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) ЕФЕКТИВНИЙ ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТ- ЗАПОРУКА УСПІХУ У БОРОТЬБИ З ГЛОБАЛЬНИМ ПОТЕПЛІННЯМ	91
3.	А.Лукашенко, І.В. Приступа, викладач спеціальних дисциплін (Україна, Кривий Ріг, Криворізький технічний коледж Національної металургійної академії України) СУЧАСНІ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ	93

4.	М.А.Шайда, Д.О.Дубограй, К.В.Васильченко, викладач спеціальних дисциплін, Н.О.Олянюк, викладач спеціальних дисциплін (Україна, Кривий Ріг, Політехнічний коледж КНУ) ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ВОДНЕВОГО ДВИГУНА, ЯК ПРОГРЕСИВНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ МАЙБУТНЬОГО	96
5.	Д.Севостьянчик, Зельцер О.А., викладач спеціальних дисциплін вищої категорії (Україна, Кривий Ріг, Криворізький технічний коледж НМетАУ) ЕФЕКТИВНІ РІШЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ШЛЯХОМ ПІДВИЩЕННЯ ККД ВІДЦЕНТРОВИХ НАСОСНИХ АГРЕГАТИВ	97
6.	О.Ю.Михайленко, канд. техн. наук, (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК НИЗЬКОЇ ПОТУЖНОСТІ У СТРУКТУРУ МІСЬКИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ	99
7.	І.А.Лось, О.Ю.Михайленко, канд. техн. наук, доц. (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОГНОЗУВАННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ У ОЕС УКРАЇНИ З ЗАСТОСУВАННЯМ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ	102
	Секція 3. Гірничя електромеханіка і обладнання	
1.	Р.С.Івакін, С.В.Печений, С.Т.Толмачов докт.техн.наук.,проф. (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) ВІДПОВІДНІСТЬ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОДВИГУНА І НАВАНТАЖЕННЯ ЯК ОДНА З ВИМОГ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ	103
2.	Д.О.Лебеденко, І.В. Приступа викладач спеціальних дисциплін (Україна, Кривий Ріг, Криворізький технічний коледж Національної металургійної академії України) ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ МАСТИЛ ХОЛОДИЛЬНО-КОМПРЕСОРНИХ МАШИН	107
3.	А.О.Почеп, В.О.Путілов, Ю.О.Маліновський, к.т.н., викладач, С.Л.Цвіркун, к.т.н., викладач (Україна, Кривий Ріг, Криворізький коледж національного авіаційного університету) ВИБІР ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ПРУЖНИХ МУФТ В ПРИВОДАХ РУДОРІЗМЕЛЬНИХ МЛИНІВ	111
4.	І.О.Чумаченко, К.В.Васильченко, викладач спеціальних дисциплін Н.О.Олянюк, викладач спеціальних дисциплін (Україна, Кривий Ріг, Політехнічний коледж КНУ)	114

	“ACCUGRADE” – БУДУВАТИ МОЖУТЬ ВСІ	
5.	А.К.Бакуменко, В.В., Кучма канд. техн. наук, доц. (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) ВЛИЯНИЕ МАССЫ НА КОНЦЕ БУРОВОГО СТАВА НА ЧАСТОТУ ЕГО СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ	115
6.	Є.В.Коптюх, Л.І. Єфіменко, канд. техн. наук, доцент (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) УМОВИ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ КОНВЕЄРНОЇ УСТАНОВКИ	118
	Секція 4. Енергоефективні технології в металургії та збагаченні корисних копалин	
1.	Я.С.Павленко, Л.Н.Сайтгареев, канд.техн.наук, доц. (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ВИСОКОХРОМИСТОГО ПОКРИТТЯ МЕТОДОМ НАПЛАВКИ	121
2.	М.О.Мусіяш, І.Е.Скідін ст.викладач (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ГРУНТОВИХ НАСОСІВ ШЛЯХОМ КОРУНДУВАННЯ	122
3.	Д.Ю.Козаков, Д.Ю.Бабошко (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) ПРОМЕТАЛУРГІЙНИЙ СПОСІБ ЗБАГАЧЕННЯ ТИТАНОМАГНЕТИТОВИХ КОНЦЕНТРАТІВ	124
4.	Л.В.Костакова , Д.Ю.Бабошко (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) МЕТАЛУРГІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ПІДГОТОВЛЕНИХ КОТУНІВ ІЗ ТИТАНОМАГНЕТИТОВОГО КОНЦЕНТРАТУ КРОПИВЕНСЬКОГО РОДОВИЩА	125
5.	Д.Р.Багатенко, О.В.Бабаєвська (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) ПОКРАЩЕННЯ ГАЗОДИНАМІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ШАРУ АГЛОШИХТИ	126
6.	А.В.Демко, О.В.Бабаєвська (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) АКТИВУВАННЯ РЕАКЦІЙНОЇ ЗДАТНОСТІ ТВЕРДОГО ПАЛИВА З МЕТОЮ ПОЛІПШЕННЯ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ АГЛОПРОЦЕСУ	127
7.	М.С.Деркач, В.В.Плотніков (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ І РЕЖИМІВ БРИКЕТУВАННЯ ДРІБНОФРАКЦІЙНИХ ШИХТ У ВАЛКОВОМУ ПРЕСІ	128

8.	О.О.Пазиніч, В.В.Плотніков (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОГО СПОЛУЧНОГО ПРИ БРИКЕТУВАННІ ЗАЛІЗОВМІСНИХ МАТЕРІАЛІВ	130
9.	П.І.Уманський, О.В.Бабаєвська (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) ВИКОРИСТАННЯ ТВЕРДОГО ПАЛИВА ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ЗАЛІЗОРУДНИХ ОКАТИШІВ	132
10.	О.Б.Настич, канд.техн. наук, доц., Р.А.Тимченко, докт. техн. наук, проф., Д.А.Кришко, канд. техн. наук, ст. преподаватель (Украина, Кривой Рог, Криворожский национальный университет) ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ДЕТАЛЕЙ ОТЖИГОВЫХ ПЕЧЕЙ	133
11.	Г.С Токман, Г.Ф. Сімонова, викладач спеціальних дисциплін (Україна, Кривий Ріг, Криворізький технічний коледж НМетАУ) ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ГАЛУЗІ ПРИ ПІДГОТОВЦІ ШИХТИ ДО КОКСУВАННЯ	135
12.	В.О.Коровка, О.В.Суворова магістр інженерної механіки (Україна, Кривий Ріг, Криворізький технічний коледж НМетАУ) ТЕОРІЯ ФРАКТАЛЬНИХ СТРУКТУР У МЕТАЛОЗНАВСТВІ	137
13.	М.І.Коновалова, В.А. Чубенко канд.техн.наук., доц. (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) ЗАКОНОМІРНОСТІ ВПЛИВУ РЕЖИМІВ ОБТИСНЕННЯ НА ШВИДКІСТЬ ТА ЧАС ПЕРЕБУВАННЯ МЕТАЛУ МІЖ ВАЛКАМИ ПРИ ПРОКАТУВАННІ	139
14.	Н.А.Мельник, В.А. Чубенко канд.техн.наук., доц. (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) РЕГУЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНО-ДЕФОРМАЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОКАТУВАННЯ	141
15.	О.Самарчук, учень 10 класу, Моїсєєв В., учень 11 класу Ю.Моїсєєва В вчитель фізики, спеціаліст вищої кваліфікаційної категорії (Україна, Кривий Ріг, НВК «ЗНЗ - Тернівський ліцей») ГРАФЕН, ЯК ОСНОВА ВУГЛЕЦЕВИХ НАНОСТРУКТУР	143
16.	Ю.В. Буханець магістр, Л.В. Скляр, канд. техн. наук, доц., (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) ВИКОРИСТАННЯ ОПЕРАЦІЇ ТОНКОГО ГРОХОЧЕННЯ ПРИ ЗБАГАЧЕННІ МАГНЕТИТОВИХ КВАРЦИТІВ В УМОВАХ ПІВНГЗК	145
17.	В.В.Зінченко, Л.В. Скляр, канд. техн. наук, доц. (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) ОСНОВНІ НАПРЯМКИ УТИЛІЗАЦІЇ ЗОЛОШЛАКОВИХ ВІДХОДІВ ТЕПЛОЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ	147

18.	А.Ю. Складар, Т.А. Олійник, докт. техн. наук, проф., (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) ВИЛУЧЕННЯ СІРКИ З МАГНЕТИТОВИХ КОНЦЕНТРАТІВ ЦГЗК	148
19.	В.М. Курило, Н.В. Кушнірук, канд. техн. наук, доц. (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) ОБҐРУНТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ЗБАГАЧЕННЯ ВІДХОДІВ ПЕРЕРОБКИ МАГНЕТИТОВИХ КВАРЦИТІВ	150
	Секція 5. Інформаційні технології і автоматизація технологічних процесів	
1.	Д.А.Перемена, Н.І. Руденко, канд.екон.наук (Україна, Криворізький технічний коледж Національної металургійної академії України) МЕХАНІЗАЦІЯ І АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ В МАШИНОБУДУВАННІ	151
2.	А.І.Боброва, В.К.Титюк (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) МУЛЬТИФІЗИЧНЕ МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ШАХТНИХ ВОДОВІДЛИВНИХ УСТАНОВОК	154
3.	О.Ковальов, І.В.Завсєгдашня, канд.екон.наук, доц. (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) РОЗРОБКА WEB-ПЛАТФОРМИ ПІДТРИМКИ КОНФЕРЕНЦІЙ	158
4.	М.С.Жданович, Н.П. Мельниченко, канд. техн. наук, доц. (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) ВИКОРИСТАННЯ АНТРОПОМОРФНИХ РОБОТІВ НА НЕБЕЗПЕЧНИХ ВИРОБНИЦТВАХ КРИВБАСУ	160
5.	Д.Ю.Зінькович , А.М.Тиханська, викладач (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ГОРІННЯ ПАЛИВА В КОТЛАХ	162
6.	І.А. Котов, канд.техн.наук, доц. (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) ПРОБЛЕМА ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЇ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ УПРАВЛІННЯ СИСТЕМАМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ	165
7.	І.А. Котов, канд.техн.наук, доц. (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) ФАЗИФІКАЦІЯ АТОМАРНИХ КОНЦЕПТІВ В ОНТОЛОГІЯХ РЕПРЕЗЕНТАЦІЇ СИСТЕМ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ ГІРНИЧО- МЕТАЛУРГІЙНОГО КОМПЛЕКСУ	169

8.	О.Д. Тімофєєв, А.А. Жосан, канд. техн. наук, доц. (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) СТЕНД ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ЧАСТОТИ ОБЕРТІВ ВАЛУ ТРИФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ДВИГУНА	173
9.	М. Д. Шендерук, А. М. Стрюк, канд. пед. наук, доц., в. о. завідувача кафедри моделювання та програмного забезпечення, Криворізький національний університет (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) ПРОЕКТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ АЛГОРИТМІВ НА ГРАФАХ	176
	Секція 6. Механізація гірничо-металургійного комплексу	
1.	Є.В. Кашенок, Ю.Г. Горбачов, канд. техн. наук, проф. (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ВІБРАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПОВЕРХНЕВОГО ЗМІЦНЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ГІРНИЧИХ МАШИН	178
2.	А.О.Данчук, магістрант Ю.Г.Горбачов, канд. техн. наук, проф. (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) ДОСЛІДЖЕННЯ СПОСОБІВ І ЗАСОБІВ БОРОТЬБИ З НАЛИПАННЯМ ГІРНИЧОЇ МАСИ НА КОНВЕЄРНІ СТРІЧКИ	180
3.	Д.О.Найда, магістрант, Ю.Г.Горбачов, канд. техн. наук, проф. (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) АНАЛІЗ ТА РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ БУТОБОЮ ПНЕВМО- УДАРНОЇ ДІЇ	181
4.	А.В.Бартош , магістрант, А.С. Громадський, докт.тех.наук, проф., А.О. Хруцький, канд.техн.наук, доц. (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) ДОСЛІДЖЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ГУМОВИХ ВІБРОІЗОЛЮЮЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ ГІРНИЧИХ МАШИН	183
5.	В.В.Жук, магістрант, А.О.Хруцький, канд. техн.наук, доц., В.А.Громадський канд.техн.наук, ст. викладач (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) ПАРАМЕТРИ КАР'ЄРНИХ ЕКСКАВАТОРІВ ТИПУ ПРЯМА ЛОПАТА В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ	184
6.	О.О. Очеретяний, А.О. Хруцький, канд.техн.наук, доц., В.А.Громадський, канд.техн.наук, ст. викладач (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОБГРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ДИСКОВОГО ГАЛЬМА ПІДЙОМНОЇ МАШИНИ ТИПУ МПМН-3,14-4	186

7.	Н.А. Селєдцова, викладач (Україна, Кривий Ріг, Гірничий коледж Криворізький національний університет) УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ РЕДУКТОРА ПРИВОДА СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРА	187
8.	О.В. Митрофанов аспірант (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) КЕРУВАННЯ ТЯГОДУТТЬОВИМИ ПРИСТРОЯМИ КОНВЕЄРНОЇ ВИПАЛЮВАЛЬНОЇ МАШИНИ	191
9.	Л.І. Букаєв , К.М. Романенко, канд. техн. наук, доц. (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) ПЕРЕВАГИ ВСТАНОВЛЕННЯ СТАЦІОНАРНИХ БУТОБОЇВ У ЦЕХАХ КРУПНОГО ДРОБЛЕННЯ ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНИХ КОМБІНАТІВ	194
10.	С.О. Попов, Л.І. Новікова, керівник, викладач-методист спеціальних дисциплін вищої категорії (Україна, Кривий Ріг, Криворізький технічний коледж НМетАУ) ОБГРУНТУВАННЯ СПОСОБІВ ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ СТРІЧКИ ТА ЗМЕНШЕННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ	196
11.	В. Ю. Білоножко, ст. викладач (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) СУЧАСНИЙ СТАН ПРОБЛЕМИ КОНТРОЛЮ СИЛИ ЗАТЯЖКИ НАРІЗНИХ З'ЄДНАНЬ	197
	Секція 7. Інноваційні технології в машинобудуванні та на транспорті. CAD/CAM/CAE та CALS-технології у машинобудуванні	
1.	O.V. Bondar (Ukraine, Kryvyi Rih, Kryvyi Rih National University) USING OF AUTOMATIC PROJECTING SYSTEM POSSIBILITIES FOR ENTERPRISES AND TECHNICAL DISCIPLINES INTENSIFICATION	205
2.	Ю.В.Медвідь, Т.В. Лукань, О.Р. Онисько (Україна, Івано-Франківськ, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу) АВТОМАТИЗОВАНИЙ АЛГОРИТМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ПОВЗДОВЖНИХ ЗМІЩЕНЬ ПРОФІЛЮ РІЗЦЯ ДЛЯ ТОЧІННЯ	206
3.	А.І. Хорольський, О.В. Бондар (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) ВІДНОВЛЕННЯ ЗУБЧАСТИХ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛІ ВАЛ-ШЕСТЕРНЯ	209

4.	Demida Nataliia, Zotova-Sadylo Olena, PhD in Education, Associate Professor of Foreign Language Department (Ukraine, Kryvyi Rih, Kryvyi Rih National University) LIBERAL LEARNING AS A PART OF CAREER-ORIENTED EDUCATION: INCENTIVES AND MOTIVES	211
5.	Н.В.Деміда, М.В.Кіяновський, докт.техн.наук, проф. СТАБІЛІЗАЦІЯ ПОЛОЖЕННЯ ОСІ РОБОЧИХ ОРГАНІВ РОТОРНОЇ МАШИНИ ЗА РАХУНОК МОДЕРНІЗАЦІЇ ОПОРНОЇ ПОВЕРХНІ ПІДШИПНИКА	214
6.	Н.В. Деміда, А.В. Пікільняк, канд.тех.наук, доц., (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) СТВОРЕННЯ СУЧАСНИХ СКЛАДНИХ ВИРОБІВ З ВПРОВАДЖЕННЯМ У ПІДПРИЄМСТВО ПРОГРАМНОГО ПРОДУКТУ SIMCENTER	219
7.	О.Педенко, Д.Ю.Кравцова, канд. фіз.-мат. наук, асистент (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) НАЛАШТУВАННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОКРИТІВ ДЕТАЛЕЙ МАШИН НАНОЧАСТИНКАМИ Al_2O_3	220
8.	D. Kravtsova , S. Dybrovskyi (Ukraine, Kryvyi Rih, Kryvyi Rih National University) TUNING THE PROPERTIES OF Al-cBN OR Cr- Al_2O_3 -BASED PROTECTIVE NANOCOATING	221
9.	О.О. Бурцева, магістрант, В.П.Нечаєв, канд.техн.наук, доц. (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) ТЕХНОЛОГІЧНІ МОЖЛИВОСТІ ЕЛЕКТРОКОНТАКТНОГО НАПЛАВЛЕННЯ В РЕМОНТНИХ ОПЕРАЦІЯХ	223
10.	В.С. Кулиш, магістрант, В.П. Нечаєв, канд.техн.наук, доц. (Украина, Кривой Рог, Криворожский национальный университет) ПУТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ШПИНДЕЛЬНЫХ УЗЛОВ ПРИ МОДЕРНИЗАЦИИ	224
11.	І.А Сипченко, магістрант, В.П. Нечаєв, канд.техн.наук, доц. (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) МОДИФІКАЦІЯ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВ РЕМОНТОВАНОЇ ДЕТАЛІ ЗА ДОПОМОГОЮ ЛАЗЕРУ	225
12.	В.О Височій, С.В. Реброва , асистент (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) ДОСЛІДЖЕННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЗАХИСТУ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ПЕРЕКАЧУЮЧОГО ОБЛАДНАННЯ ВІД	228
13.	Є.А. Єрмаков, магістрант, А.О. Рязанцев, канд.техн.наук, доц. (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) ВІДНОВЛЕННЯ МАЛОРОЗМІРНИХ ДЕТАЛЕЙ ЕЛЕКТРОКОНТАКТНИМ ПРИВАРЮВАННЯМ ПОРОШКУ	231

14.	М.А. Пантелеев магістрант, А.О. Рязанцев, канд.техн.наук, доц. (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) ЗАСТОСУВАННЯ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ ПРИ ВІДНОВЛЕННІ ПОСАДКОВИХ ПОВЕРХОНЬ ВАЛІВ ПІД	234
15.	А.Барминов, В.Сергейчук, Л.А.Бугай, ст.преподаватель (Украина, Кривой Рог, Криворожский национальный университет) ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПРОЦЕССЫ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ ЗУБЧАСТЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ	237
16.	О.С. Билина, В.К. Сенченко, Н.Д. Домнічева, викладач (Україна, Кривий Ріг, Гірничо-електромеханічний коледж Криворізький національний університет) АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ПРОГРАМУВАННЯ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ НА ОБРОБЛЮВАНОМУ ЦЕНТРИ НААС VF-5/50	240
17.	Р.П. Ковальчук, В.О. Клёнкин, Ю.А. Малиновский, канд.техн.наук, доц. (Украина, Кривой Рог, Криворожский колледж НАУ) ОБОСНОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМОВ НА КАЧЕСТВО ГОТОВЫХ ИЗДЕЛИЙ ПРИ ИХ ОБРАБОТКЕ МЕТОДАМИ ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ С ПОЗИЦИИ ВОЛНОВЫХ И АВТОКОЛЕБАТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ	242
18.	Д.О. Фоменко, О.В. Терешкова викладач спеціальних дисциплін (Україна, Кривий Ріг, Криворізький технічний коледж НМетАУ) НЕОБХІДНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У МАШИНОБУДУВАННІ В УКРАЇНІ	244
19.	Ю.Л. Крайник, С.Г. Ясько (Україна, Полтава, Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка) ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ЗАЛЕЖНОСТІ МІЦНОСТІ	247
20.	О.В. Прокопов, К.К. Щербина, канд..техн.наук.,доц.. (Україна, Кропивницький, ЦНТУ) ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВЗДОВЖНЬОЇ СТАЛОСТІ ПРУЖНО- ГВИНТОВОГО ХОНА В СИСТЕМІ SOLIDWORKS SIMULATION	252
21.	Ю.О. Денисенко, В.О. Залога, О.В. Івченко, (Україна, Суми, Сумський державний університет), А.Ю. Кисилевська (Україна, Одеса, Одеський національний політехнічний університет) ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ЩОДО ЯКОСТІ ПРОЦЕСІВ ІНСТРУМЕНТОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ В УМОВАХ CALS-ТЕХНОЛОГІЙ	256

22.	D. Segeda, N. Tsyvinda, Associate Professor, Ph.D. in Engineering Science, Language adviser: O. Zotova-Sadylo, PhD in Pedagogical Sciences, Associate Professor of Foreign Language Department (Ukraine, Kryvyi Rih, Kryvyi Rih National University) APPLICATION OF VORTEX METHOD TO CUT ROUND THREAD IN CONDITIONS OF MAINTENANCE MANUFACTURING	260
23.	О.М. Хмельницький., О.В. Бондар ,канд.техн.наук., доц. (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМИ ІНЖЕНЕРНОГО АНАЛІЗУ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ СПЕКТРУ СКЛАДНИХ ЗАВДАНЬ	262
24.	М.І. Цуркаленко, Кляцький В.І., канд.техн.наук, доц.. (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) АНАЛІЗ ВИБОРУ РАЦІОНАЛЬНОГО СПОСОБУ ВІДНОВЛЕННЯ ЛАБІРИНТНИХ КАНАВОК КРИШОК МАСЛОАГРЕГАТІВ	266
25.	О.Б.Настич, канд.техн. наук, доц., Р.А.Тимченко, докт.техн.наук, проф., Д.А.Кришко, канд. техн. наук, ст. преподаватель ОБРАБОТКА ШЛИКЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ ИОННО-ПЛАЗМЕННЫМ МЕТОДОМ	269
26.	А.І.Недужко, І.Ю. Степаненко, М.В.Гайдук, викладач спеціальних дисциплін магістр інженерної механіки (Україна, місто Кривий Ріг, Гірничо-електромеханічний коледж КНУ) ТЕХНІЧНА ДІАГНОСТИКА ПІДШИПНИКІВ КОЧЕННЯ	271
27.	О.В. Скрипнік, студент, С.І. Кравченко, канд. техн. наук, доцент (Україна, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка) ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ШТАМПУВАННІ ЕЛАСТИЧНИМ СЕРЕДОВИЩЕМ	273
28.	Є.О. Тобольченко, студент , С.І. Кравченко, канд. техн. наук, доцент (Україна, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка) ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ ПОСАДКОВИХ ПОВЕРХОНЬ ЛОПАТОК ТУРБІН	274
29.	Б.О. Прилука, студент, С.І. Кравченко, канд. техн. наук, доцент (Україна, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка) ДОСЛІДЖЕННЯ ТОЧНОСТІ ДЕТАЛЕЙ ОДЕРЖАНИХ ПРИ РОЗДІЛОВИХ ОПЕРАЦІЯХ У ПЕРЕНАЛАГОДЖУВАНИХ ШТАМПАХ	276

30.	О.В. Стеценко, студент, А.В. Васильєв, канд. техн. наук, доцент (Україна, Полтава, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка) В.П. Вовченко, викладач технічних дисциплін (Україна, Полтава, Полтавський коледж нафти і газу) ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИСТРОЮ СПРОЩЕНОЇ КОНСТРУКЦІЇ ДЛЯ НАНЕСЕННЯ ФАРБИ	277
31.	В.А. Педченко, студент, А.В. Васильєв, канд. техн. наук, доцент (Україна, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка) ФРЕЗЕРНО-СВЕРДЛИЛЬНЕ ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ НА ВЕРСТАТАХ ТОКАРНОЇ ГРУПИ	279
32.	С.В. Кондак, студент, А.В. Васильєв, канд. техн. наук, доцент (Україна, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка) ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ОБРОБКИ ПРОФІЛЬНИХ ВАЛІВ ДИСКОВОЮ ФРЕЗОЮ ІЗ РАДІАЛЬНОЮ ПОДАЧЕЮ	280
33.	А.І. Місюренко, студент А.В. Васильєв, канд. техн. наук, доцент (Україна, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка) РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ОСЬОВОГО ЗУСИЛЛЯ ПРИ СВЕРДЛІННІ В ДІАПАЗОНІ ДО 2000 Н	282
34.	А.В. Кобелецький, студент, А.В. Васильєв, канд. техн. наук, доцент (Україна, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка) В.П. Вовченко, викладач технічних дисциплін Полтавський коледж нафти і газу УДОСКОНАЛЕННЯ СПОСОБУ ЗАТОЧУВАННЯ СЕРЕДНЬОРОЗМІРНИХ ГВИНТОВИХ СВЕРДЕЛ	283
35.	О.О. Семенов, студент, А.В. Васильєв, канд. техн. наук, доцент (Україна, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка) ДОСЛІДЖЕННЯ ФОРСУНКИ ПОВІТРЯНО-ВОДЯНОГО ВИШТОВХУВАННЯ ПІСКУ ДЛЯ МЕХАНІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ ДРІБНИХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН	284
36.	А.І. Карапузь, студент, С.В. Попов, канд. техн. наук, доцент (Україна, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка) ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ТОЧІННЯ НЕРЖАВІЮЧОЇ СТАЛІ МАРТЕНСИТНОГО КЛАСУ 40Х13 ТВЕРДИМ СПЛАВОМ Т15К6	285

37.	Д.В. Шкарупа, С.М. Гнітько, канд. техн. наук, доцент, С.В.Попов, канд. техн. наук, доцент, (Україна,Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка) ПРОБЛЕМИ ЗАСТОСУВАННЯ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТА ПІД ЧАС ЗОВНІШНЬОГО ПРОТЯГУВАННЯ ВАЖКООБРОБЛЮВАНИХ СПЛАВІВ	286
38.	Д.Ю. Зозуля, студент,С.В. Попов, канд. техн. наук, доцент (Україна,Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка) ДОСЛІДЖЕННЯ ШЛІФУВАННЯ СФЕРИЧНИХ ПОВЕРХОНЬ РОЛИКІВ ПІДШИПНИКІВ	288
39.	І.В. Стеценко, студент, А.В. Калашников, канд. техн. наук, доцент (Україна,Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка) ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВЕДІНКИ КОМПОЗИТНИХ ПАНЕЛЕЙ ПІД ДІЄЮ УДАРНИХ НАВАНТАЖЕНЬ	290
40.	О.В. Костік, студент, В. Калашников, канд. техн. наук, доцент (Україна,Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка) ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДУ ВІБРАЦІЙНОГО РІЗАННЯ З МЕТОЮ ПОКРАЩЕННЯ ШОРСТКОСТІ ОБРОБЛЮВАНОЇ ПОВЕРХНІ	291
41.	М Н.С.ельник, О.В.Бондар канд.техн.наук.,доц. (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) АВТОМАТИЗАЦІЯ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ВИРОБУ ПРОЕКТУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН	292
42.	В.С. Куліш студент, В.П. Нечаєв, канд.техн.наук.,доц. (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) НАКЛАДЕННЯ УЛЬТРАЗВУКОВИХ КОЛИВАНЬ НА РІЖУЧИЙ ІНСТРУМЕНТ	293
43.	В. Д.Ряполов, А. Р.Овчинникова, Р. С.Лагута, В. В.Третьак, професор (Україна, м. Харків, Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського “ХАІ”) РОЗРОБКА ПРОГРАМИ ДЛЯ РОЗРАХУНКІВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ІМПУЛЬСНОГО ШТАМПУВАННЯ ЛИСТОВИХ ДЕТАЛЕЙ ТИПУ ЕЛАСТИЧНИХ ДНИЩ	294
44.	Ю.А.Тувішкін, Н.І.Цивінда, канд.техн.наук.,доц. (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) ВИБІР МАТЕРІАЛУ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ І ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ОБРОБКИ НІКЕЛЬВМІСНИХ СТАЛЕЙ	296

45.	А.В. Онопченко, асистент; В.В.Третяк, професор; (Україна, Харків, Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ») ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ МАСИ ЗАРЯДУ ВІД ДІАМЕТРА ПЛОСКОЇ ЗАГОТОВКИ	299
46.	А. С.Федорова, аспірант; К. В.Бондарєва, аспірант, Третяк В . В., професор; Сорокін В. Ф., професор, (Україна, Харків Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського“ХАІ”) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ШТАМУВАННЯ ДНИЩ	301
47.	В.Р.Політаєв, С.Ю.,Олійник ,викладач (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) ДОСЛІДЖЕННЯ СУЧАСНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТНИМИ ЗАСОБАМИ ТА ЇХ ПРАКТИЧНЕ ВИКОРИСТАННЯ	303
48.	Д.К.Остапчук, А.В. Веснін, к.т.н., доц. (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕРМІНІВ НАПРАЦЮВАНЬ СУЧАСНИХ ЛАМП РОЗЖАРЮВАННЯ ПРИЛАДІВ ГОЛОВНОГО ОСВІТЛЕННЯ АВТОМОБІЛІВ	306
49.	Ю.Л. Почужевська , А.О.Нікітін, О.Д.Почужевський ,к.т.н., доц. (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) ФОРМУВАННЯ ВЗАЄМОДІЇ ДВИГУНІВ І ГІДРОМЕХАНІЧНОЇ ТРАНСМІСІЇ КАР’ЄРНИХ САМОСКИДІВ	309
50.	І.С. Бабяр, магістрант, А.В. Пікільняк, канд. техн. наук, доц., (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) ВПРОВАДЖЕННЯ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ SIMCENTER ДЛЯ ПРИСКОРЕННЯ ІНЖЕНЕРНИХ РОЗРАХУНКІВ СКЛАДНИХ ВИРОБІВ	313
51.	Ю.Л. Почужевська, К.В.Климів, О.Д.Почужевський, к.т.н., доц., Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) ДОСЛІДЖЕННЯ РАДІАЛЬНИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА ВЕЛИКОГАБАРИТНІ ШИНИ КАР’ЄРНИХ САМОСКИДІВ	315
52.	А.В. Ларін, магістрант, А.В. Пікільняк, канд. техн. наук, доц., (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) ВИКОРИСТАННЯ ЗАСОБІВ MYSAR PLM ЯК ІНСТРУМЕНТУ ПРИСКОРЕННЯ КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ПІДГОТОВКИ ВИРОБНИЦТВА	319
53.	О.О. Солодун, магістрант, А.В. Пікільняк, канд. техн. наук, доц., (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) ВИКОРИСТАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ FACTORY FLOW ДЛЯ ПРИСКОРЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ПІДГОТОВКИ ВИРОБНИЦТВА	322

54.	О.С.Максимова, канд. економ. наук, доц. (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет) ПАРАМЕТРИ СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО ПІДПРИЄМСТВА РЕМОНТУ ДВИГУНІВ КАР'ЄРНИХ САМОСКИДІВ	3	324
-----	---	---	-----

V.S. MORKUN, ScD, Professor, A.V. PIKILNYAK, PhD, Professor Associate,
(Ukraine, Kryvyi Rih, Kryvyi Rih National University)

STABILITY EVALUATION OF ADAPTIVE CONTROL SYSTEM OF THE GAS BUBBLE SIZE DISTRIBUTION

To understand the physical processes that determine flotation, the accurate data on the parameters of the gas phase is needed, the most important of which is the distribution of gas bubbles in size. The process efficiency is directly related to the number of bubbles and particles collisions, which depend on the ratio of their sizes. The size of the gas bubble determines the surface area at which solid particles and bubbles interact, which contributes significantly to the hydrodynamics of the system and the overall productivity of flotation. The size of a single bubble of gas and the distribution of gas bubbles in size in the flotation chamber are strongly depend on various operational, technical and chemical factors, the impact of which should be taken into account when designing or simulating the flotation process. In view of the foregoing, in order to ensure optimal flotation conditions, it is necessary that the size distribution of the gas bubbles correspond to the size distribution of the solid phase particles in the pulp. To solve the problem, it is necessary to investigate the possibility to control the parameters of the gas phase of the pulp, namely the concentration and distribution of bubbles in size. Thus, the task of controlling the flotation process is to form and maintain an operating mode of technological units, which provides a predetermined distribution of gas bubbles in size, which corresponds to the distribution of solid phase particles and the maximum possible productivity.

Various ultrasonic methods have become part of the research, measurement and control arsenal in various branches of science and industry. In order to form a specified size distribution of gas bubbles, which would correspond to the size distribution of the pulp solid phase particles in the flotation process, it is necessary to expose the pulp flow to the high-energy ultrasonic oscillations with specified intensity and frequency: in the froth flotation process using a granulometric composition sensor the information about the parameters of pulp solid phase (concentration and particle size distribution) is continuously received. The signal with this information is supplied to the computing device, which determines the required parameters of the gas phase. Further, from the computing device signal the control device (controller) determines the desired values of the intensity and frequency of electric oscillations, which are then supplied to control action generator block (controlled oscillator). The control action is based on the dynamic effects of high-energy ultrasound. It forms focal length and focal spot size using phased arrays having a number of advantages, namely, the ability to set the input angle. The control action generator generates a series of high-frequency electrical oscillations of fixed frequency and intensity, which are then supplied to the distributor based on the ultrasonic phased array. The distributor converts received signal in volume ultrasonic oscillations and then the bubbles in pulp are exposed by the high-energy

ultrasound oscillations, which are emitted by phased array elements with different characteristics. To estimate gas bubbles parameters in the liquid in the process of their free-floating and under the influence of external forces the experimental setup was developed.

To assess the performance of the system under the conditions of noise and disturbances, which are inherent in any real technological process, let's investigate the stability of adaptive control system of the size distribution of gas bubbles., The approach described in was used in the modeling process. Let's represent the model of the control object (iron ore flotation unit) obtained from the results of experimental studies as follows

$$G_p z = \frac{z + 0.5}{z^2 - 1.658z + 0.8326} . \quad (1)$$

The model has a pair of complex poles in $0.8290 + j0.3813$ and $0.8290 - j0.3813$ and zero in -0.5 . It has a slow response and a large overshoot.

In order for the feedback system has a zero tracking error for step input response and the zero at high frequency, let's add another pole in 1 and one more zero in -1 . Thus, the overall flotation process model can be represented as follows

$$G_{co} z = \frac{z^2 + 1.5z + 0.5}{z^3 - 2.658z^2 + 1.85z - 0.8326} . \quad (2)$$

For this model of the control object, let's calculate the parameters of the adaptive controller. The preferred location for the model pole is $0.2 + j0.5$, $0.2 - j0.5$, -0.67 , $-0.4975 + 0.2156j$ and $-0.4975 - 0.2156j$. The model has a shorter response time (shorter setting and overshoot time). A block diagram of an adaptive control system modelling in Simulink (MATLAB) is shown in Fig.2. When the controller parameters converge to the normal value, we get the third-order controller from the output of the "3ord_sys_controller" block (Fig.1).

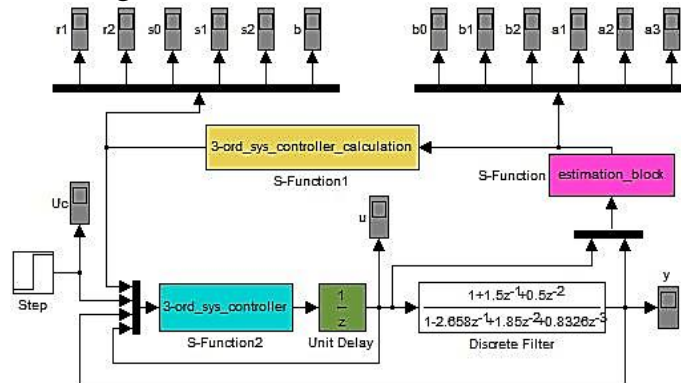


Fig. 1. A block diagram of an adaptive control system modelling in Simulink

$$\begin{aligned} z^2 + 1.5125z + 0.4926 u t = & 0.5217z^2 + 0.5146z + 0.1365 u_c t - \\ & - 1.897z^2 - 1.74z + 0.6893 y t . \end{aligned} \quad (3)$$

In accordance with the control law (2), we get an equivalent block diagram of the adaptive controller simulation in Simulink (Fig.2). By omitting a feedforward part, we obtain the transfer function $(B(z)S(z))/(A(z)R(z))$ with an open loop. Using the (dmode)

command in MATLAB, we get a Bode diagram for evaluating the stability of the system (Fig.3). From Fig.3, we can conclude that the stability margin is about 5 dB, and the phase margin is 10 dB. The transition frequency is about 2 rad/s. With such a small margin of stability, the adaptive control system is unlikely to be able to maintain stability in the presence of unmodeled dynamics. Unmodeled dynamics can affect the control characteristics, even destabilize the system. Let's consider how the introduction of unmodified dynamics makes the system unstable.

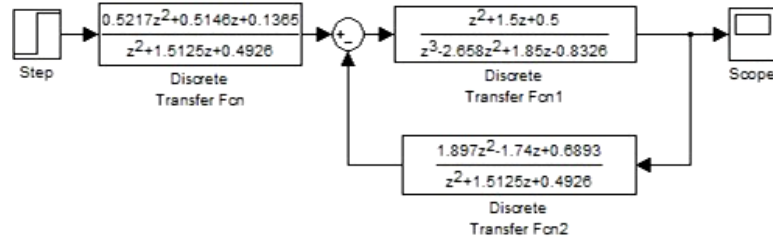


Fig. 2. A block diagram of the adaptive controller simulation in Simulink

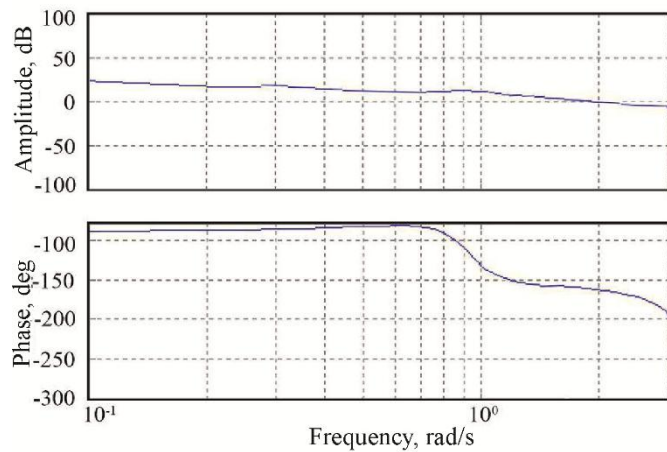


Fig. 3. A Bode diagram for evaluating the stability of the system

Let's introduce some unmodeled dynamics in the control object, intentionally and represent the control object in accordance with (1) as follows (Fig.4)

$$G_{co} z = 1 + k \frac{z^2 + 1.5z + 0.5}{z^3 - 2.658z^2 + 1.85z + 0.8326}, \quad (4)$$

and the unmodeled dynamics in the following form

$$G_{um} z = 1 + k \frac{-0.5z^2 + 0.9z - 0.35}{z^2 - 0.135z + 0.711}, \quad (5)$$

where k takes different values: 1) For $k = 0.5$, unmodeled dynamics destabilize the system; 2) For $k = 0.48$, the system remains stable; 3) For $k = 0.45$, the system remains stable.

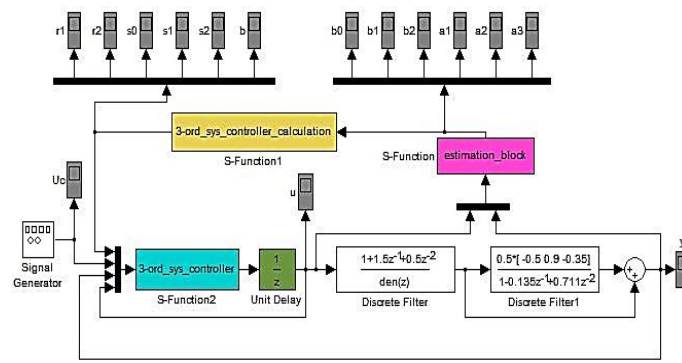


Fig. 4. A block diagram of an adaptive control system modelling in Simulink considering the unmodeled dynamics

Let's add a noise signal to the input of the control object to check the accuracy of its evaluation (Fig.5). The magnitude of the square wave of the signal generator is 1, the noise power with a limited band is 0.8, the magnitude of the sinusoidal wave is 0.8. From the calculated parameters it can be concluded that the system is stable (Fig.6).

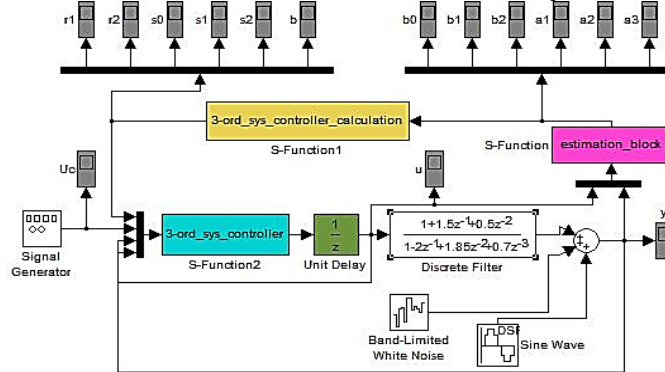


Fig.5. A block diagram of an adaptive control system modelling considering the noise signal

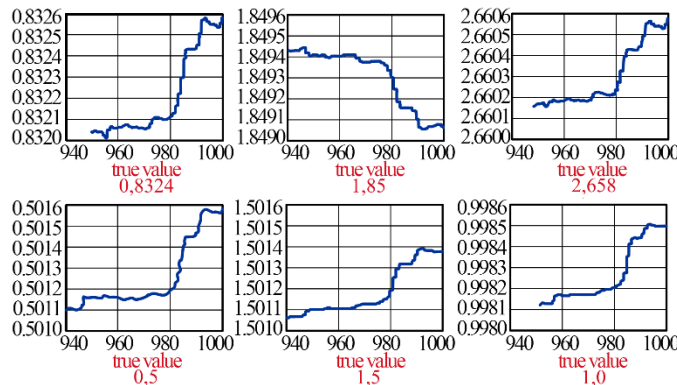


Fig. 6. Stability evaluation in the presence of a noise signal

Based on the above simulations it can be concluded that the evaluation is very reliable and the presence of the noise does not affect the accuracy of the evaluation. The adaptive control system for the parameters of the pulp gas phase on the basis of the dynamic effects of high-energy ultrasound maintains the maximum possible performance under conditions of noise and disturbances of the measured signals.

References:

1. M. Brożek, A. Młynarczykowska, "The distribution of air bubble size in the pneumo-mechanical flotation machine," *Arch. Min. Sci.*, vol. 57(3), 2012, p.p. 729–740.

2. Z. Wu, *Simulation study and instability of adaptive control*, China: Northeastern University, 2001.
3. K.J. Astrom and B. Wittenmark, *Adaptive Control*, Addison-Wesley, 1995.
4. MATLAB. Available at: <https://www.mathworks.com/products/matlab>.

С.С. Дубровський к.т.н., доцент, декан механіко-машинобудівного факультету (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

НАУКОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ СТУДЕНТІВ ЯК ЗАПОРУКА УСПІХУ ІННОВАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ФАХІВЦЯ НА ВИРОБНИЦТВІ

Рівень розвитку науки і техніки є визначальним чинником прогресу суспільства, підвищення добробуту громадян, їх духовного та інтелектуального зростання. Цим зумовлена необхідність пріоритетної державної підтримки розвитку науки як джерела економічного зростання і невід'ємної складової національної культури та освіти, створення умов для реалізації інтелектуального потенціалу громадян у сфері наукової і науково-технічної діяльності, забезпечення використання досягнень вітчизняної та світової науки і техніки для задоволення соціальних, економічних, культурних та інших потреб [1].

Суттєві перетворення суспільного життя сприяють змінам у системі освіти, щодо формування особистості майбутнього фахівця, здатного самостійно і вільно орієнтуватися в інноваційній діяльності та обумовлюють зростання наукового та практичного інтересу до неї.

Так, у програмі розвитку „Україна - 2020” зазначається, що досягнення конкурентоспроможності України в системі глобального світового господарства потребує посилення інноваційного спрямування промислової політики. За мету ставиться подолання суттєвої розбіжності між наявним потенціалом інноваційного розвитку (значні можливості для ефективних науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт за показниками розвитку вищої освіти, рівня науково-дослідних установ, чисельності та кваліфікації вчених, інженерів, тощо) та низькою ефективністю його використання [2].

Сьогодні, для відповідності вимогам замовників виробничі підприємства сильніше, ніж будь-коли, зацікавлені в розробці більшої кількості високоякісних інноваційних технологій в найкоротші терміни.

Інноваційні технології базуються на трьох складових, перша з яких – прийняття технологічних рішень тільки після ретельного аналізу наукових досліджень в області Прикладної механіки; друга – застосування CAD-CAM технологій для підвищення ефективності конструкторсько-технологічних розробок та третя – конкурентноздатність виробу, отриманого за даною технологією.

На сьогодні в Україні виділяють основні види ефективності наукових досліджень для прийняття технологічних рішень:

а) економічна ефективність – зростання національного доходу, підвищення продуктивності праці, якості продукції;

б) зміцнення обороноздатності країни;

в) соціально-економічна ефективність – ліквідація тяжкої праці, поліпшення санітарно-гігієнічних умов праці, очищення навколишнього середовища і т. п;

Наукові дослідження є найбільш ефективною сферою капіталовкладень в розробку інноваційних технологій. У світовій практиці прийнято вважати, що прибуток від капіталовкладень у них становить 100-200% і набагато вищий прибутків будь-яких галузей. За даними закордонних економістів, на один долар витрат на наукові дослідження, прибуток за рік становить 4-7 доларів і більше.

Є два кардинально різних шляхи розвитку виробництва: екстенсивний та інтенсивний. Шлях екстенсивного розвитку - це розширення заводських площ, збільшення числа верстатів і т. п. Інтенсивний шлях припускає, щоб кожен завод з кожного працюючого верстата, отримували усе більше й більше продукції. Це забезпечується використанням нових науково-технічних можливостей: нових засобів праці, інноваційних технологій, нових знань. До інтенсивних факторів належить і зростання кваліфікації людей, і вся сукупність організаційних і науково-технічних рішень, якими озброюється сучасне виробництво.

Як показує статистика тільки 5-% випускників вищих навчальних закладів стають вченими, тобто наукова діяльність стає їх професійною роботою. Інші з наукою безпосередньо стикаються працюючи керівниками різного рівня промислового виробництва та підприємствами. В першому випадку вона сприяють прискоренню науково-технічного прогресу країни в другому – збільшенню прибутку підприємства та особистого прибутку, що є важливим в умовах ринкової економіки.

У Законі України «Про вищу освіту» передбачено, що наукова і науково-технічна діяльність у вищих навчальних закладах є невід’ємною складовою освітньої діяльності й здійснюється з метою інтеграції наукової, навчальної і виробничої діяльності в системі вищої освіти [3].

Вона передбачає розвиток різних форм наукової співпраці, в тому числі міжнародної, для:

- розв’язання складних наукових проблем упровадження результатів наукових досліджень і розробок;

- організацію наукових, науково-практичних, науково-методичних семінарів, конференцій, олімпіад, конкурсів, науково-дослідних курсових дипломних робіт та проектів, як продовження роботи наукових гуртків студентів ВНЗ.

Успішне оволодіння навичками дослідження і творчої роботи бакалаврами, спеціалістами та магістрами допомагає їм порівняно легко включатися в професійну діяльність, переводити наукові знання в площину практичного використання.

Головною умовою результативності наукової діяльності є її безперервність та наступність, адже з кожним курсом студенти набувають за обраною темою наукового пошуку нові знання, щодо попередніх. Починаючи з другого курсу студенти механіко-машинобудівного факультету за допомогою викладачів обирають напрям та тему наукового дослідження, згідно напряму роботи

наукового гуртка, накопичують інформацію, формують програму, пишуть реферати, наукові статті, тези доповіді, дипломні магістерські роботи [3].

Однак головний інтерес полягає не тільки в прирості нових знань, а й у прирості ефекту у виробництві. Необхідний ретельний аналіз пропорцій між отриманням знань і їхнім застосуванням на виробництві. А для цього підприємствам потрібно високими темпами збільшувати вкладення в заходи, щодо залучення ресурсів виробництва до вдосконалення лабораторій кафедри, безпосередні дослідження на замовлення підприємств та освоєння результатів наукових досліджень у виробництві.

Тож подальший ефективний розвиток інноваційної науково-дослідної діяльності студентів механіко-машинобудівного факультету КНУ, сприятиме підйому машинобудівної галузі, вирішення проблем енергозбереження і механізації в гірничо-металургійному комплексі та зміцненню міжнародного авторитету України.

Література:

1. ЗАКОН УКРАЇНИ. Про наукову і науково-технічну діяльність. Із змінами, внесеними згідно із Законом № 2269-VIII від 18.01.2018, ВВР, 2018, № 12, ст.68

2.Белов О.Ф., Пирожков С.І. Про глобальні пріоритети розвитку України в програмі „Україна-2020” // www.niurr.gov.ua/ukr/publishing

3.Закон «Про вищу освіту» Із змінами, внесеними згідно із Законом - № 2443-VIII від 22.05.2018, ВВР, 2018, № 33, ст.250

Цивінда Н.І. к.т.н., доц., Чернявська О.В. ст. викладач , Лаухіна Л.І. ст. викладач (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

ПІДВИЩЕННЯ ПРОФЕСІЙНОЇ ПРИВАБЛИВОСТІ ПРОФЕСІЇ МЕХАНІКА ЗАЛУЧЕННЯМ СТУДЕНТІВ КОЛЕДЖІВ ДО НАУКОВО- ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ

Підприємства машинобудування Кривого Рогу випускають продукцію, яка призначена для металургійної промисловості, для добування, збагачення і переробки руди. В місті діє досить велика кількість підприємств, основна діяльність яких – випуск і ремонт промислового обладнання. Більшість підприємств машинобудування успішно освоїли ринкові механізми, розширили асортимент виробництва, оновили технологічну базу, а, головне, не лише зберегли кадровий потенціал, а й наростили його, забезпечивши спадкоємність поколінь, поповнили свої колективи талановитою молоддю, здатною продукувати інноваційні підходи та рішення.

Одним із таких осередків, де студенти усвідомлюють свою причетність до однієї з найповажніших професій світу – інженер-механік з Прикладної механіки і гідно представляють її на підприємствах не тільки нашого міста – кафедра технології машинобудування КНУ.

Не секрет, що наша професія складна. «На ти» розмовляти з верстатами з ЧПК чи ремонтувати складне гірничодобувне обладнання зможе тільки той, хто поважає професію, має схильність до роботи з механізмами та лідерські якості.

Тому найбажаніші наші абітурієнти – це студенти технікумів та коледжів з напрямів підготовки Інженерна механіка та Машинобудування, які вже мають базову освіту техника-технолога та привитий викладачами інтерес до професії механіка. Це Політехнічний коледж КНУ, Криворізький технічний коледж НМАУ, Криворізький коледж національного авіаційного університету, Гірничо-електромеханічний коледж Криворізький національний університет.

Але не дивлячись на глибокі знання та великий досвід у підготовці фахівців, викладачі технікумів добре розуміють, що студентам необхідно надати життєве прискорення. Тому підтримують тісний зв'язок із кафедрою технології машинобудування КНУ і провідними підприємствами міста. Для студентів, які займаються науково-дослідною роботою в стінах технікумів та коледжів не потрібні спеціальні профорієнтаційні заходи. Сьогодні студенти коледжу виступають зі змістовними доповідями та презентаціями на актуальні теми Прикладної механіки, на конференціях у стінах кафедри, відвідують відкриті заняття, які проводять викладачі кафедри ТМ, а завтра – це повноцінні студенти університету, сумлінні, з повним усвідомленням свого місця в професії «інженер-механік». Така форма профорієнтації всіляко підтримується і буде надалі розвиватися з підтримки деканату механіко-машинобудівного факультету та ректорату університету.

UDC 621.791.92

Berezshnaya E.V. (Ukraine, Kramatorsk, Donbass State Engineering Academy)

INVESTIGATION OF THE STRUCTURAL FACTOR OF RENOVATED SAMPLES MICROPLASTICITY

For restoration and hardening of wearing parts, electrocontact surfacing methods are widely used. The surface layer of the coating metal deposited by the electrocontact method, is the most loaded and the least protected from harmful effects; it significantly affects the durability of the restored parts. The structural state of the surface layers is affected not only by the final processing operation, but also by their sequence. Thereby, the structural factor of samples microplasticity deposited by strips of constructional carbon steels, in connection with the different sensitivity of the deposited metal to the stress concentration is investigated. The study of the deposited metal microplasticity was carried out with tensile deformation on steels samples of 25, 40 and 40X grades after their coating by electrocontact surfacing by the tapes. The deposited samples were subjected to heat treatment in various regimes in order to change the structure of the surface layer, resulting in 5 groups of deposited samples for the microplasticity study. On the basis of experimental data, regression equations are obtained. They approximate the relationship between stress and microplastic deformation. It was established that the lower resistance of microplastic deformation is typical of deposited samples with a predominantly ferrite structure, in comparison with the deposited samples with a sorbite or troostite structure. It

indicates a structural state that causes an increase in the fracture toughness. Low stress' values indicate a higher mobility of dislocations. If the deposited sample contains a relatively large volume of excess ferrite grains, then there will be fewer obstacles for shifts, and slip lines will be rectilinear. In sorbite structures with a developed intergranular surface, the obstacles to sliding are much larger, which causes the lines bow. The plasticity modulus was determined using statistical modeling methods. It is established that deposited samples with a ferrite structure are characterized by the smallest hardening coefficient. Deposited samples containing sorbite in the structure have the highest hardening coefficient. With an increase in the deformation ratio, the hardening coefficient decreases in all the studied structural states, which indicates the dependence of the plastic flow process on the microdeformation ratio. Investigations of the deposited metal propensity in various structural states to microplastic deformation allowed to reveal the structure of deposited metal, which is the least sensitive to stress concentration. The presence of free ferrite in the structure of the deposited layer reduces the intensity of dislocation accumulation. The influence of the hardening coefficient on the sensitivity to stress concentration concerning samples deposited by stripes from structural carbon steels with further heat treatment is experimentally confirmed.

Секція 1. Актуальні питання, тенденції розвитку, економічні та організаційні аспекти енергозбереження і механізації в гірничо-металургійному комплексі, інженерної освіти і наукових досліджень

Ю.А. Волошина ,студентка, Н.П. Мельниченко, канд.тех.наук, доц.
(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ У ВИРОБНИЦТВІ

Особливістю сучасного розвитку світової економіки є зростання обсягів виробничої діяльності, а відтак – збільшення частки споживання ресурсів, зокрема енергетичних.

Енергетичний сектор економіки України потребує особливої уваги як з боку держави, так й індивідів. Важливим є використання альтернативних джерел енергії, пошук нових шляхів, способів постачання її державі.

Неефективне використання енергетичних ресурсів, споживання та експорт легкодоступної нафти, неекономне використання електроенергії підприємствами чи домогосподарствами змушують серйозно замислитись над проблемою енергозбереження у країні.

Структура використання енергетичних ресурсів, що склалася на сьогоднішній день на вітчизняних машинобудівних підприємствах, потребує економічного обґрунтування обсягів їх споживання, що сприятиме прийняттю раціональних управлінських рішень при формуванні й реалізації ефективної політики енергозбереження. Тісний зв'язок між енергоспоживанням та

ефективністю економічної діяльності потребує вирішення проблеми формування ефективної системи управління енергоспоживанням.

Відповідно до прийнятої стратегії на даний час основним фактором зниження енергоємності продукції (послуг) в усіх галузях економіки є формування ефективно діючої системи державного управління сферою енергозбереження. Це дозволить, в першу чергу, удосконалити структуру кінцевого споживання енергоресурсів, зокрема, за рахунок подальшого розширення та поглиблення електрифікації в усіх сферах економіки шляхом заміщення дефіцитних видів палива з одночасним підвищенням ефективності виробництва.

На сучасних металургійних та гірничорудних підприємствах значну долю складають теплоенергетичні установки, насосні агрегати, а також технологічне та допоміжне устаткування, де в електричному приводі машин та механізмів застосовують асинхронні двигуни з короткозамкненим ротором потужністю від декількох до сотен і тисяч кіловат.

Суттєвою альтернативою при керуванні технологічними процесами в агрегатах з асинхронними приводами може бути регулювання швидкості їх двигунів. З позиції теорії електричних машин та електропривода основним і найбільш економічним способом регулювання швидкості асинхронного двигуна є частотне керування ним. Для реалізації частотного способу регулювання швидкості застосовують перетворювачі частоти.

Особливого значення набула проблема енергозбереження в освітлювальних установках. Проблема пов'язана з безперервним зростанням масштабів використання електроенергії на освітлення. На освітлення витрачається до 20% всієї електроенергії, що використовується.

Нераціональне використання електроенергії пов'язане перш за все з тим, що значна група світильників для промислового освітлення має низький ККД і малоефективний розподіл сили світла. Для вирішення енергетичних і економічних проблем, пов'язаних з електричним освітленням необхідно значно підвищити ефективність використання електроенергії в освітлювальних установках.

Вирішення цих проблем зводиться до рішення чотирьох основних задач: вдосконалення засобів освітлення за рахунок використання прогресивних джерел світла;

- вдосконалення способів освітлення за рахунок впровадження нових принципів проектування та нормування освітлення;
- поліпшення експлуатації освітлювальних установок;
- стимулювання споживачів електроенергії за використання енергозберігаючих джерел світла.

Вдосконалення засобів освітлення виконують заміною в освітлювальних установках світильників з лампами розжарювання на світильники з газорозрядними лампами (люмінесцентні ЛЛ, ДРЛ). Як бачимо, при використанні газорозрядних ламп економія електроенергії складає 45%-71%.

При освітленні великих приміщень (площею понад 500 м²) та при освітленні прожекторами необхідно передбачати дистанційне автоматичне або

ручне керування штучним освітленням, що дає можливість: своєчасно вмикати та вимикати (частково чи повністю) освітлювальні пристрої на початку та в кінці роботи з урахуванням графіка дії виробничого устаткування. Економія електроенергії при цьому близько 10÷15%.

Велике значення для вирішення проблем енергозбереження в Україні має використання альтернативних джерел енергії.

У вимірі сонячної енергетики Україна володіє суттєвим потенціалом, зумовленим її географічним положенням та кліматичними умовами. Зокрема, кількість сонячних днів на узбережжі Чорного моря поблизу м. Скадовськ (Херсонська обл.) оцінюється в 240-265 днів на рік, а в Одеській області та на Кримському півострові – до 290-300 днів на рік.

Слід вказати, що навіть такий крок, як побудова перших «сонячних парків» потужністю в 110 та 80 МВт поблизу сіл Перове та Охотніково (Автономна Республіка Крим) 2011 року, уже сприяв входженню України до числа лідерів з розвитку сонячної енергетики в Європі, за версією Європейської асоціації виробників фотовольтаки.

У вимірі вітряної енергетики слід також зазначити, що 2013 року Україну зараховували до числа лідерів Східної Європи за рівнем розвитку даного виду «зеленої енергетики». Так, за оцінкою Асоціації вітроенергетики України, 2013 року в нашій державі зводилося 10 ВЕС загальною потужністю в близько 3,5 тис. МВт, а обсяг інвестицій до сектора вітряної енергетики, необхідних для завершення цих проектів, в 2013 фінансовому році оцінювався щонайменше в 20-25 млрд грн.

Водночас в Україні наявні технології виробництва вітросилових установок. Зокрема, завод «Енергомашспецсталь» (м. Краматорськ Донецької області) володіє ліцензією на виробництво турбін для вітроелектростанцій потужністю в 2.0, 2.5 та 3.0 МВт, що була надана німецькою компанією Fuhrlander. Окрім того, на базі заводу «Південмаш» (м. Дніпропетровськ) у рамках програм з конверсії ще в 2 п. 1990-х – 2000-х рр. проводилися розробки зі створення відповідного устаткування вітчизняного виробництва. А вже 2011 року на даному підприємстві було налагоджено збирання турбін за ліцензією німецько-датської компанії Vestas AG, що здійснювалося на користь підрозділу ПАТ з вітряної енергетики – ДТЕК «Вінд Пауер».

Прикладом впровадження енергозберігаючих технологій в економіку України та їх ефективність є Інвестиційна програма «Підвищення енергоефективності компресорних станцій газотранспортної системи України» (фінансування в сумі \$464,4 млн.). Завдяки оснащенню газоперекачувальних агрегатів сучасними турбінами з високим ККД (31–37,5% залежно від потужності) очікується щорічне зниження споживання паливного газу на 850 млн. м³ або майже на 1/3 від сучасного рівня.

Як бачимо існує цілий ряд напрямків збереження електроенергії. І який з них доцільно вибрати залежить від специфіки та можливостей підприємств. Оптимальним же варіантом є поєднання усіх напрямків роботи в питаннях енергозбереження на гірничо-збагачувальних підприємствах.

Зазначимо, що проект Енергетичної стратегії України до 2035 року передбачає досягнення альтернативними видами енергії до 2020 року частки в 11% енергетичного балансу держави, а вихід на показник в 20% очікується не раніше 2035 року.

Література:

1. Суходоля О. Аналіз законодавства та державної політики енергозбереження в Україні/О. Суходоля//ЕСКО— 2006. — № 4.
2. Андрижисевский А. А. Энергосбережение и энергетический менеджмент / А. А. Андрижисевский, В. И. Володин. — Мн. : Выш. шк., 2005. — 294 с.
3. Стехин О.П. Основи конструювання, моделювання і проектування система управління виробничими процесами: Навч. посібник. — Донецьк: ДонДАУ, 2008. — 128 с.

УДК [621.914:622.232]:622.271

О.О. Вусик, аспірант, А.М. Пижик, к.т.н., доц.

(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ПОШАРОВОГО ФРЕЗЕРУВАННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД ГІРНИЧИМИ КОМБАЙНАМИ НА ГЛИБОКИХ КАР'ЄРАХ

Розглянуто нові технологічні рішення, щодо відпрацювання залізрудних покладів технологією пошарового фрезерування на глибоких кар'єрах. Обґрунтована доцільність застосування сучасного виймально-навантажувального обладнання при розробці напівскельних і скельних гірських порід, яке здійснює розробку породного масиву без проведення комплексу буро-підричних робіт. Запропоновано враховувати фізико-механічні властивості гірських порід при визначенні технологічних параметрів комбайнів пошарового фрезерування порід.

На залізрудних кар'єрах Кривбасу досягнуто значних глибин розробки родовищ корисних копалин, що значно підвищує собівартість видобутку залізрудної сировини. Це пов'язано з погіршенням гірничотехнічних і гірничо-геологічних умов ведення відкритої розробки родовищ корисних копалин. При розробці глибоких кар'єрів зменшується розміри активного фронту робіт, ускладнюється можливість безпечного проведення буро-підричних робіт, через необхідність забезпечення стійкості укосів бортів кар'єру.

У результаті виконання підготовки порід до виймання вибухом, знижуються техніко-економічні показники роботи кар'єру. Для стабілізації і покращення показників роботи кар'єру потрібно удосконалити технологію ведення відкритої розробки родовищ корисних копалин. Одним з варіантів вирішення проблеми є застосування безвибухової технології розробки порід із використанням сучасних комбайнів пошарового фрезерування. Основними перевагами цієї технології є відносно низькі витрати на ведення гірничих робіт і зменшення засмічення шкідливостями навколишнього середовища.

Стосовно технологічного аспекту реалізації технології пошарового фрезерування гірських порід слід наголосити на тому, що параметри елементів системи розробки родовищ корисних копалин сформовані під діючу технологію і

технологічне обладнання, тому потрібно обґрунтувати раціональні технологічні параметри роботи фрезерних комбайнів.

Як свідчить практика, необхідною умовою ефективного застосування та організації гірничотранспортних робіт з використанням комбайнів пошарового фрезерування слугує розробка науково обґрунтованих методичних рекомендацій.

На сьогоднішній час потрібно обґрунтувати напрямки удосконалення технології пошарового фрезерування з метою реалізувати отримані результати на залізрудних кар'єрах.

Ідея роботи полягає у обґрунтуванні ефективного застосування комбайнів пошарового фрезерування, які являються яскравим прикладом сучасного виймально-навантажувального обладнання, яке в умовах кар'єру має реальну можливість підвищити ефективність ведення відкритої розробки родовищ корисних копалин за рахунок відсутності виконання буро-підричних робіт.

Аналіз результатів робіт раніше виконаних досліджень і досвід експлуатації, свідчить про те, що в основному на кар'єрах відбувається розробка напівскельних і скельних гірських порід з попередньою підготовкою до виймання вибухом. Буро-підричні роботи являються важливим технологічним процесом гірничого виробництва, від якого залежить якість виконання усіх наступних технологічних процесів, а також вважається найбільш витратним та трудомістким. Тому він потребує пошуку нових шляхів його вдосконалення або його заміни на більш сучасні способи підготовки гірських порід до виймання.

Метою даного дослідження є підвищення ефективності введення відкритої розробки родовищ корисних копалин.

Для досягнення поставленої мети потрібно розглянути та розв'язати наступні завдання:

- виконати аналіз сучасних методів підготовки порід до виймання;
- дослідити процес руйнування гірських порід та його вплив на характер знеміцнення порід із врахуванням їх фізико-механічних властивостей;
- проаналізувати і обґрунтувати процес впровадження однієї із сучасних технологій, як альтернатива діючій технології розробки порід з використанням буро-підричних робіт;
- встановити теоретичні взаємозв'язки між технологічними параметрами комбайнів фрезерного типу і технологічними параметрами гірничотранспортного комплексу кар'єру;
- розробити способи виконання пошарового фрезерування напівскельних і скельних гірських порід на залізрудних кар'єрах;
- проаналізувати і удосконалити безвибухову технологію пошарового фрезерування в умовах розробки крутоспадних родовищ;
- розробити рекомендації стосовно впровадження технології пошарового фрезерування в заданих параметрах елементів системи розробки діючою технологією ведення гірничих робіт;
- експериментально перевірити отримані результати дослідження в умовах роботи діючих залізрудних кар'єрів;

- проаналізувати ефективність адаптації та впливу технології пошарового фрезерування на техніко-економічні показники роботи гірничовидобувного підприємства.

Необхідність підвищення техніко-економічних показників відкритої розробки залізрудних родовищ обумовлена розв'язанням висвітлених проблем. Вирішення можливе шляхом удосконалення діючих і розроблення нових технологій, які забезпечать відкриту розробку родовищ відсутністю буропідривних робіт і значним підвищенням ефективності ведення гірничих робіт.

УДК 622.7

А.М. Литвин, Т.А. Комісаренко, канд. техн. наук, доц.
(Україна, м. Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

ДОСЛІДЖЕННЯ ВИКИДІВ ШКІДЛИВИХ ГАЗІВ І ПИЛУ В АТМОСФЕРУ ПРИ МАСОВИХ ВИБУХАХ У КАР'ЄРАХ ЗА ДОПОМОГОЮ БПЛА

Мета. Метою даної роботи є аналіз існуючих способів і засобів дослідження викидів шкідливих газів і пилу в атмосферу при масових вибухах у кар'єрах, а також можливість дослідження шкідливих викидів за допомогою безпілотного літального апарату (БПЛА).

Наукова новизна. Актуальність наукового дослідження визначається тим, чи його результати сприятимуть вирішенню конкретних практичних завдань при дослідженні шкідливих викидів атмосфери при масових вибухах у кар'єрах.

Актуальність проблеми полягає у забезпеченні безпеки на підприємствах гірничорудної галузі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема контролю та зниження пиловиділення при відкритих гірничих роботах розглядається багатьма науковцями. Зокрема, у роботі В.Ю. Тищука наведені результати досліджень питомого пилогазовилілення при масових вибухах у кар'єрі [1]. Автор розглядає способи зниження виділення пилу при проведенні вибухових робіт: автор пропонує використання способу розробленого у ДП "НДІБПГ", що полягає у використанні твердої забійки, зволоженої водним розчином вуглелужного реагенту та захисного екрану, що являє собою зволожений шар порід на поверхні блоку. Це дозволяє знизити концентрацію пилу в атмосфері після масових вибухів на 58%, а СО на 62,1%, а також повністю нейтралізувати оксиди азоту атмосфері. Автори А. В. Звягінцева та А. Ю. Зав'ялова проводять аналіз забруднення навколишнього середовища пилогазовими викидами при вибухах на кар'єрі, досліджують джерела утворення пилу, отруйних газів, якісний і кількісний склад пилогазових викидів при проведенні вибухових робіт, пропонують найбільш ефективний метод боротьби з шкідливими викидами з використанням поверхнево-активної речовини в якості набійки вибухових свердловин (композиційний змочувач пилу СМАП-А) [2]. Питання щодо методів зниження викидів пилу і газів при масових вибухах у кар'єрах і шахтах розглядалися

авторами Бересневічем П.В., Лободою А.І., Наливайко В.Г. [3,4] та багатьма іншими.

Крім дослідження зниження концентрації шкідливих речовин в атмосфері кар'єру, критично важливим є моніторинг ситуації після масового вибуху. Так у роботі Бабаєва С. Н. розглядається технологія моніторингу відкритих гірських робіт із застосуванням безпілотного літального апарату (БПЛА) [5]. Автор показує, що за рахунок високої детальності знімків і оперативності робіт, отриманий з застосуванням БПЛА комплекс даних, дозволяє запропонувати технологію оперативного вирішення цілої низки завдань, зокрема:

- здійснення моніторингу небезпечних ділянок відкритих гірничих робіт;
- визначення обсягів і планування розташування відвалів порожніх порід;
- зйомка самозаймання відвалів тепловізорами;
- контроль дотримання техніки безпеки на гірничому підприємстві, хвостосховищах, промислових майданчиках.

Постановка завдання. На сьогоднішній день найбільш поширеним способом визначення наявності шкідливих речовин (оксиду вуглецю CO, диоксиду вуглецю CO₂, метану CH₄, оксиду азоту NO, диоксиду азоту NO₂) та пилу після проведення вибухових робіт на кар'єрі є вимірювання, що проводяться групою спеціалізованих працівників які перебувають безпосередньо на місці вибуху [6]. Виміри складу атмосфери проводяться шляхом перекачування повітря через пробовідбірники в різних місцях фронту проведення гірничих робіт. Після цього група спеціалізованих працівників доставляє проби повітря у лабораторію, що ухвалює рішення про допуск робітників у зону вибуху.

Головним недоліком даного способу є те, що працівники знаходяться в небезпечній зоні, і наражаються на небезпеку отримання отруєнь шкідливими газами і пилом. Крім того, цей спосіб вимагає значних витрат часу на доставку і аналіз проб в лабораторії, і не дозволяє визначити стан атмосфери на висоті кількох метрів, так як проби беруться на рівні поверхні розвалу гірських порід.

Завданням дослідження є отримання достовірних даних про склад атмосфери на ділянках, що розташовані по всьому фронту проведення вибухових робіт на різних висотах та без участі людей. Результати вимірювання повинні оброблятися безпосередньо на місці забору проб, без необхідності повернення в лабораторію, дозволяючи таким чином зменшити час досліджень і отримати достовірні дані як після вибуху, так і в процесі ведення вантажних робіт, що супроводжуються значними обсягами викидів пилу в атмосферу.

Запропонований спосіб контролю газового складу атмосфери полягає у використанні безпілотного літального апарату (БПЛА), що проводить дискретні вимірювання хімічного складу по заданій траєкторії.

БПЛА, тобто дрон – це платформа для установки на неї обладнання (камер різного призначення, датчиків, сенсорів тощо), метою якої є забезпечити, для встановленого на неї обладнання, необхідних умов для роботи (висоту, швидкість переміщення, можливість автоматичного польоту, точність позиціонування за координатами GPS та інше). Вирішальну роль в отриманні певної інформації грає програмне забезпечення, яке, використовує сучасні технології у сфері обробки

матеріалу, яке спроможне надавати користувачеві вже готові результати такої обробки у вигляді, що прийнятний для вивчення, аналізу та роботи.

БПЛА оснащений портативним газоаналізатором, який дозволяє проводити дослідження хімічного стану атмосфери безпосередньо на місці, а також навігатором та висотоміром для точного визначення точки, у якій взята проба.

Принципова схема винаходу [7] зображена на рис. 1 :

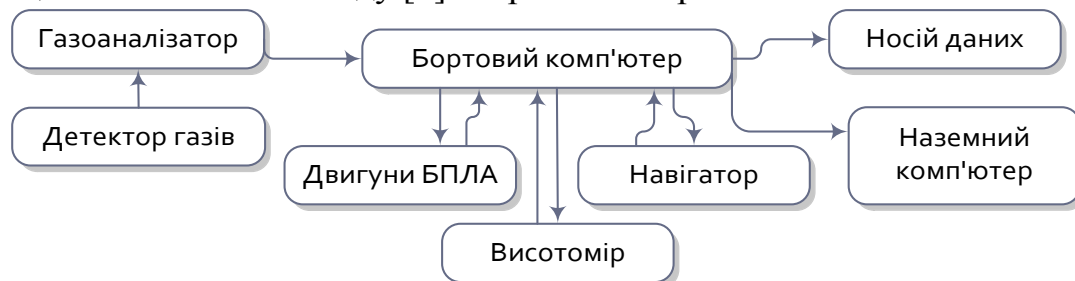


Рис. 1. Принципова схема винаходу

Траєкторії руху БПЛА мають форму горизонтальних прямокутників, геометричний центр яких співпадає з геометричним центром розвалу підірваної породи. Він оснащений портативним газоаналізатором. За допомогою портативного газоаналізатора проходить вимір і аналіз хімічного складу повітря в певних точках, які розташовуються на траєкторії руху БПЛА. Таким чином, в режимі реального часу, складається карта забрудненості атмосфери на місці вибуху. Ця інформація передається на пост управління для прийняття рішення про можливість допуску працівників до місця проведення вибуху. Додатковим обладнанням, яким може бути оснащений БПЛА, є фотокамери, які роблять аерофотозйомку місцевості по траєкторії руху. Ці дані можуть в подальшому використовуватися для моніторингу небезпечних ділянок відкритих гірничих робіт.

Висновки і перспективи подальших досліджень.

Використання БПЛА для дослідження викидів шкідливих газів і пилу в атмосферу при масових вибухах у кар'єрах є актуальним рішенням поставленої задачі, тому що дозволяє отримувати достовірні дані про склад атмосфери на ділянках, що розташовані по всьому фронту проведення вибухових робіт на різних висотах та без участі людей. Результати вимірювання обробляються безпосередньо на місці забору проб, без необхідності повернення в лабораторію, дозволяючи таким чином зменшити час досліджень і отримати достовірні дані про склад атмосфери.

Література:

1.В.Ю. Тищук. Исследование удельного пылегазовыделения при массовых взрывах в карьерах и способы снижения вредных выбросов. Сучасні ресурсозберігаючі технології гірничого виробництва. Випуск 1/2010 (5),с.127–132.

2.А.В. Звягинцева, А.Ю. Завьялова. Анализ основных технологических и инженерно-технических мероприятий, направленные на сокращение пылегазовых выбросов при массовых взрывах на карьерах горно-обогатительного комбината. //Гелиогеофизические исследования 2015.

3.Бересневич П.В., Лобода А.И. Способы и средства борьбы с вредными газами в железорудных карьерах //Черная металлургия: Бюл. НТИ.- 1991. - №3.- С. 4-13.

4.Бересневич П.В., Наливайко В.Г. Снижение выбросов пыли и вредных газов в атмосферу карьеров и окружающую среду при массовых взрывах. - Черметинформация, сер. Горнорудное производство. 1989, вып. 4, с. 24.

5.Бабаев С. Н. Технология мониторинга открытых горных работ с применением беспилотного летательного аппарата.

6.Ушаков К.З., Михайлов В.А. Аэрология карьеров. - М: Недра, 1985, с. 244.

7.Аралкін А.С., Комісаренко Т.А., Комісаренко О.Є. Патент на корисну модель №118217 Спосіб контролю складу атмосфери після вибухів.

УДК 622.614.8:621.31

В.С.Лазарєв, О.О.Харитонов, О.Є.Мельник
(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУЮЧИХ РІШЕНЬ ПО ПРОФІЛАКТИЦІ ЕЛЕКТРОТРАВМАТИЗМУ У ГІРНИЧОЗБАГАЧУВАЛЬНОМУ КОМПЛЕКСІ

Електротравматизм на гірничих роботах шахт і кар'єрів у всіх галузях промисловості характеризується не стільки абсолютною кількістю випадків у загальному виробничому травматизмі (1,5–3) %, скільки вагою їх результату. Так, число електротравм зі смертельним результатом складає (15–25) % від числа смертельних виробничих травм. Для різних галузей промисловості, що мають гірниче виробництво, електротравматизм має своє специфіку, пов'язану з технологією способів розробки родовищ корисних копалин.

Специфіка електротравматизму на гірничих роботах різних галузей промисловості, та стійка тенденція його росту в залізорудній промисловості України, свідчать про необхідність більш ретельного вивчення причин його виникнення у гірничорудному виробництві на основі дослідження впливу факторів, які брали участь у формуванні електротравмонебезпечних ситуацій і негативному впливі на надійність електроустаткування та засоби електробезпечності. Ці дослідження повинні бути основою розробки комплексів профілактичних заходів, спрямованих на ефективне зниження електротравматизму.

За останні роки був виконаний ряд розробок з використанням ЕОМ у галузі охорони праці, які по функціональним призначенню можна розділити на наступні групи: автоматизований контроль і аналіз факторів виробничого середовища; автоматизований облік, аналіз і попередження виробничого травматизму; автоматизований контроль над своєчасним впровадженням нормативно-технічної документації й дотриманні вимог пропонованих нею; вивчення й аналіз захворюваності на виробництві.

Метою даної роботи є підвищення ефективності застосування профілактичних заходів. Для цього необхідно забезпечити повноту та вірогідність кількісних і якісних показників травматизму, що досягається в першу чергу правильним вибором даних підлягаючих обліку для забезпечення достатньої їхньої показності при виконанні вискоєфективного аналізу електротравматизму на ЕОМ.

На підставі багаторічних досліджень встановлено, що електротравматизм при експлуатації електротехнічних комплексів досить складне та багатоаспектне явище, що виникає в результаті реалізації випадкового процесу, який характеризується ординарністю, відсутністю наслідків і стаціонарністю. Приблизно електротравматизм можна представити у вигляді потоку рідких подій, що з'являються у випадкові моменти часу й розподілених за законом Пуассона:

$$P_k = \frac{\lambda_k}{k!} e^{-\lambda} \quad (1)$$

де P_k – імовірність того, що за одиницю часу з'явиться K електротравм;

λ – математичне очікування електротравм протягом інтервалу часу $[0, t]$, тобто середнє число K появи електротравм в одиницю часу; $\lambda = \bar{k} = 0,76$ для прийнятого інтервалу часу.

Виходячи з цього можна зробити вивід, що виробничий електротравматизм має в певному змісті імовірнісний характер і стратегія боротьби з ним повинна базуватися на зниженні ймовірності нещасних випадків.

Відповідно до прийняття такої стратегії виникає задача оцінки діючих нормативних документів по розслідуванню, обліку й аналізу виробничого електротравматизму з позицій одержання достатньої та показності інформації про формуючи фактори електротравматизму, як випадкову подію.

Раніше рекомендації розроблялися без обліку імовірнісної природи електротравматизму, а в їхню основу були покладені наступні положення: єдина для всіх галузей народного господарства система розслідування та обліку електротравм; єдина класифікація ознак, що характеризують кожен електротравму незалежно від її ваги, наявності або відсутності зв'язку з роботою в електроустановках і професії потерпілого та, головне, не враховували специфіки гірничодобувних галузей, що ще більше знижувало її ефективність застосування в умовах гірничорудної промисловості.

Більш ефективною є інформаційно-пошукова система обліку та обробки даних про електротравматизм на залізничному транспорті, тому що в ній закладений імовірнісний підхід до оцінки електротравматизму як явища та відображена специфіка галузі. Усе це забезпечує її ефективність як основу для розробки діючих профілактичних заходів.

Ґрунтуючись на стратегії боротьби з електротравматизмом, що базується на зниженні імовірності виникнення нещасних випадків у вугільній промисловості, була виконана робота з обґрунтування вимог, принципів і методу побудови системи керування безпекою експлуатації електротехнічних комплексів і систем, що був складовою частиною загальної системи забезпечення безпеки й одночасно підсистемою єдиної системи профілактичних робіт з попередження аварій і травматизму у рудничних розрізах.

За кордоном особлива увага приділяється підвищенню об'єктивності й вірогідності вихідних даних. Так, наприклад, у ФРН нещасні випадки, викликані електричним струмом, реєструються окремо від інших нещасних випадків. Методика аналізу обставин електротравм передбачає заповнення «технічного

опитувача», що містить стандартизовані питання, і «медичного опитувача», стандартизованого лише частково. Технічний опитувач містить 48 ознак електротравми, із приблизно 1300 вираженнями. Запитувані ознаки розділені на 10 основних груп.

Зроблений огляд наявної інформації про розроблені системи керування електробезпечністю дозволяє констатувати наступне:

1. Роботи зі створення систем керування електробезпечністю можна розділити на два типи керування: в умовах нормальної експлуатації й аварійних ситуаціях. Завдання першого типу пов'язані з перспективним і поточним плануванням заходів, спрямованих на підвищення безпеки робіт в електроустановках. Їх слід вважати основними при розробці систем керування, оскільки заходи повинні мати профілактичний характер.
2. Електробезпечність має всі ознаки складної системи: велика кількість елементів; складні взаємозв'язки між ними; ієрархічність; невизначеність цілей. При цьому формування й функціонування систем керування електробезпечністю здійснюється на основі теорії керування.
3. Основою реалізації теорії керування є система керування, що забезпечує на базі ЕОМ і математичних методів аналіз вихідної інформації, прийняття рішень і їх реалізацію з метою впливу на об'єкт керування.
4. У загальному виді система керування складається з об'єкта керування, джерел інформації, пристроїв для аналізу інформації й виконуючого пристрою, тобто органа керування й засобів реалізації рішень. Функціональна схема системи керування в загальному виді рис. 1.

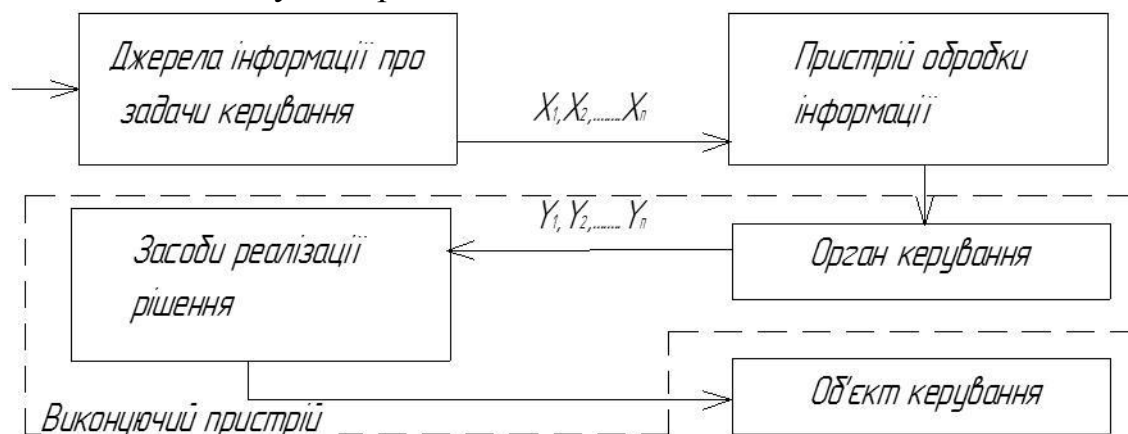


Рис.1. Функціональна схема системи керування

Процес керування прийнято розділяти на два зв'язані етапи – розробку програми й механізму її реалізації. Такий підхід використовується як для керування технічними й технологічними системами, так і для керування соціальними й економічними системами.

5. Елементи загальної системи керування електробезпечністю мають наступні визначення:

Об'єкт керування. Виробничий процес, що включає встаткування, технологію, навколишнє середовище, виробничий персонал (населення, у силу певних причин, що позначилося в небезпечній зоні), адміністрацію підприємства.

Вхідні змінні. (X) Фактори, описувані одним або декількома показниками, що характеризують травмонебезпечну ситуацію.

Вихідні змінні. (Y) Варіанти комплексів профілактичних заходів.

Керуючий вплив. Реалізація профілактичних заходів.

Засобу реалізації керуючих впливів. Технічні розв'язки, організаційні заходи, навчання, тренаж, профвідбір, заходи матеріального й морального стимулювання для досягнення безпечних умов праці.

Орган керування. Відповідальні органи згідно із Законом про охорону праці в Україні.

Інформація про стан об'єкта керування представляється у вигляді показників, що характеризують: устаткування, при контакті з яким стався нещасний випадок; потерпілого; навколишнє оточення й ступінь дотримання всіма учасниками технологічного процесу правил і норм, що регламентують його.

Ціль функціонування системи. Створення таких виробничих умов, при яких забезпечується мінімальний рівень електротравматизма.

Стосовно до гірничорудної промисловості на основі вищенаведеного стану робіт по даному питанню можна констатувати наступне:

1. Електротравматизм у цій промисловості має свою специфіку, яку потрібно враховувати при розробці профілактичних заходів для забезпечення їх ефективності, а в його динаміці постійно має місце тенденція росту по всіх його складових.

2. Впровадження в гірничорудній промисловості профілактичних заходів щодо забезпечення електробезпеки відбувалося безсистемно, в основному, шляхом використання розробок з інших галузей, що знижувало ефективність їх застосування через вплив неврахованих при їхній розробці дестабілізуючих факторів гірничорудного виробництва.

Література:

1. Синчук О.Н., Гузов Э.С., Ликаренко А.Г., Животовский А.Г. *Электробезопасность рудничной откатки* / О. Н. Синчук, Э. С. Гузов, А. Г. Ликаренко, А. Г. Животовский // – К.: Техника, 2009. – 188 с.

2. Вентцель Е.С. *Теория вероятностей* / Е.С. Вентцель. – М.: Высшая школа, 1998. – 348 с.

3. Ляхомский А.В. *О идентификации причинно - следственных связей и факторов электротравматизма железорудных производств* / А. В. Ляхомский, О. Н. Синчук, А. А.

4. Харитонов А.А., О. Е. Мельник // Журнал «Электротехнические и компьютерные системы» Одесский национальный политехнический университет. – 2014. – С. 44-54.

Гордон Г.Ю. *Электротравматизм и его предупреждение* / Г.Ю. Гордон, Л.И. Ваништейн. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 257 с.

4. Зеркалов Д. В. *Охорона праці в галузі: Загальні вимоги: навчальний посібник* / Д. В. Зеркалов // – К.: Основа. – 2011. – 551 с.

О.О.Вусик, А.М. Пижик, канд.техн.наук., доц.
(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

АНАЛІЗ ВПРОВАДЖЕННЯ СУЧАСНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ПОШАРОВОГО ФРЕЗЕРУВАННЯ ПОРІД, ЯК АЛЬТЕРНАТИВА ДІЮЧІЙ ТЕХНОЛОГІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ БУРО-ПІДРИВНИХ РОБІТ

Виконано аналіз стану відкритих гірничих робіт при застосуванні сучасного високопродуктивного виймально-навантажувального обладнання на кар'єрах в світовій практиці. Огляд застосування безвибухової технології пошарового фрезерування гірських порід в різних гірничотехнічних умовах на базі використання кар'єрних комбайнів фрезерного типу, які дозволяють знизити собівартість видобутку залізорудної сировини.

З метою удосконалення і підвищення ефективності застосування безвибухової технології пошарового фрезерування виконана значна кількість досліджень. Аналіз досліджень в цьому напрямку свідчить, що вони направлені, як на підвищення ефективності гірничих робіт на технологічних процесах підготовки порід до виймання і виймально-навантажувальних робіт, так і на створення нових технологічних рішень розробки породного масиву із забезпеченням стійкості відкритих гірничих виробок.

Завданням дослідження є обґрунтування нових технологічних та технічних рішень, які направлені на підвищення ефективності ведення відкритих гірничих робіт на глибоких кар'єрах з метою покращення їх показників роботи.

Одною з важливих проблем розробки родовищ корисних копалин відкритим способом є руйнування масиву гірських порід. На сьогоднішній час з різною ефективністю і в різних умовах використовуються наступні способи знеміцнення гірських порід, а саме: вибуховий, вібраційний, гідровідбійний, електротермічний, механічний, шарошковий та комбінований (поєднання двох різних способів).

Прогресивним та актуальним являється механічний спосіб розробки напівскельних і скельних гірських порід, який формує ряд напрямків для розробки і впровадження безвибухових технологій розробки родовищ корисних копалин. Такі технології створюють передумови удосконалення відкритих гірничих робіт шляхом зменшення собівартості залізорудної сировини.

Комбайни пошарового фрезерування являються прикладом високопродуктивного виймально-навантажувального обладнання, яке застосовується в умовах розробки кар'єрів і має реальну можливість підвищити ефективність ведення відкритої розробки родовищ корисних копалин за рахунок відсутності буро-підривних робіт та покращити гірничотехнічні умови розробки залізорудного покладу.

Оцінка оптимальної роботи комбайнів пошарового фрезерування і гірничого обладнання, може бути виконана з врахуванням такого економічного критерію, як мінімальна собівартість 1 м³ розкритих порід.

Застосування удосконаленої технологічної схеми розробки породного масиву фрезерними комбайнами може значно знизити собівартість ведення розкривних робіт.

Розглядаючи технології ведення розробки напівскельних і скельних гірських порід, а також гірничого обладнання для їх реалізації, потрібно виконувати дослідження і впровадження нових сучасних технологій, які при впровадженні покращують техніко-економічні показники гірничовидобувного виробництва.

Кар'єрні комбайни фрезерного типу мають відносно не велику вартість і значно вищу продуктивність у порівнянні з діючим в кар'єрі виймально-навантажувальним обладнанням (екскаваторами), а також суттєво підвищують ефективність ведення відкритої розробки родовищ корисних копалин.

В світовій практиці широке розповсюдження отримує безвибухова технологія пошарового фрезерування гірських порід кар'єрними комбайнами, яка має відносно низьку вартість розробки гірського масиву і відносно високу продуктивність розробки порід.

Використання сучасних технологій ведення розробки порід і високопродуктивного гірничотранспортного обладнання, дозволяє виконати: відпрацювання масиву гірських порід без проведення комплексу буро-підривних робіт при розробці залізрудних кар'єрів; зменшення шкідливого впливу на навколишнє середовище; підвищення техніко-економічних показників роботи гірничовидобувного підприємства; застосування сучасних способів розробки гірських порід з метою покращення гірничотехнічних умов ведення розробки.

Виконаний аналіз сучасного стану діючих технологій з практичним застосуванням кар'єрних комбайнів пошарового фрезерування, дозволяють підвищити ефективність відкритої розробки залізрудних кар'єрів при умові удосконалення і впровадження технологічних схем роботи комбайнів з оптимальними параметрами їх роботи. Так, як потрібно оптимізувати технологічні параметри комбайнів пошарового фрезерування і параметри елементів системи розробки для досягнення найбільш раціонального застосування фрезерних комбайнів в умовах діючої технології ведення відкритої розробки.

Досягнення мети потребує вирішення наступних завдань:

- удосконалити технологію пошарового фрезерування для можливості безвибухового відпрацювання напівскельних і скельних гірських порід;
- дослідити безвибухову технологію пошарового фрезерування порід кар'єрними комбайнами для ведення розробки крутоспадних родовищ корисних копалин.

В.В.Білаш, М.В. Домнічев, канд. техн. наук, доц.

(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

СПОСОБИ КОНТРОЛЮ СТАНУ ПОВІТРЯНОГО БАСЕЙНУ

Проблема забруднення повітряного басейну пилом в умовах Кривбасу та шляхи її вирішення. Використання спеціальних засобів моніторингу поширення пилових часток.

Технологія переробки залізних руд передбачає їх збагачення шляхом мокрої магнітної сепарації, що призводить до необхідності облаштування великих об'єктів з яких відбувається інтенсивний винос пилу. Понад 70 % видобутої залізорудної сировини у Кривбасі переробляється на п'яти гірничо-збагачувальних комбінатах (далі ГЗК). Відходи збагачення складаються до хвостосховищ, які займають більше 4700 га. Більшість хвостосховищ регіону на сьогодні є діючими [1]. Після наміву карт та під час проведення технологічних робіт на дамбі хвостосховища, у зонах випуску хвостової пульпи, утворюються численні сухі ділянки. Відсутність органічних речовин в верхньому шарі хвостів та їх мала вологість, роблять практично неможливими заходи з біологічної рекультивації об'єкту. Також рекультивація не може рекомендуватися для діючих хвостосховищ.

Отже, верхня частина хвостів швидко втрачає вологу, висихає і при швидкостях вітру понад 3 м/с, піддаючись вітровій ерозії, стають джерелами винос пилу. Середня швидкість вітру за рік становить 5,0 м/сек. Сильні вітри (зі швидкістю понад 15 м/сек.) відмічаються в середньому 29 днів на рік [2].

Намив багатьох діючих хвостосховищ Кривбасу вже досягає висоти понад 100 м. В комплексі з малою вологістю сипучого матеріалу, це сприяє вітровій ерозії з їхніх поверхонь, а відповідно і поширенню негативного впливу пилу на стан здоров'я працівників.

Переважає більшість хвостів за фракційним складом належить до ерозійно-небезпечного пилу, до 90 % - частинки діаметром менше 50 мкм [3].

При тривалому впливі пил сприяє розвитку професійних захворювань дихальних шляхів. За період 2003–2006 рр. у постійного персоналу було зареєстровано 72 випадки професійних захворювань дихальних шляхів[3].

Для ефективної боротьби зі шкідливим впливом пилу на працівників, на нашу думку, необхідно враховувати напрямок поширення пилових хмар.

Як відомо, запиленість повітря можна визначити гравіметричним (ваговим), лічильним, фотометричним та деякими іншими методами [4].

Для контролю якості повітря, в плані врахування шляхів поширення пилових хмар, нам можуть стати в нагоді супутникові знімки виконані і оброблені з використанням спеціальних програм. Як приклад можна розглянути діяльність представника Громадської спілки "Екологічна рада Криворіжжя" Євгена Василенко[5], (рис.1).

Використання таких програм для обробки супутникових фото, дозволяє визначати основні шляхи поширення пилу від джерел їх винос у повітря. Це дозволить визначати конкретні ділянки хвостосховища, з яких відбувається винос пилу, а отже визначить рівень небезпеки для персоналу, що працює на цих ділянках, або в безпосередній близькості від них.

Ці данні, дозволить визначати оптимальні технічні і організаційні методи захисту персоналу від шкідливого впливу мінерального пилу.

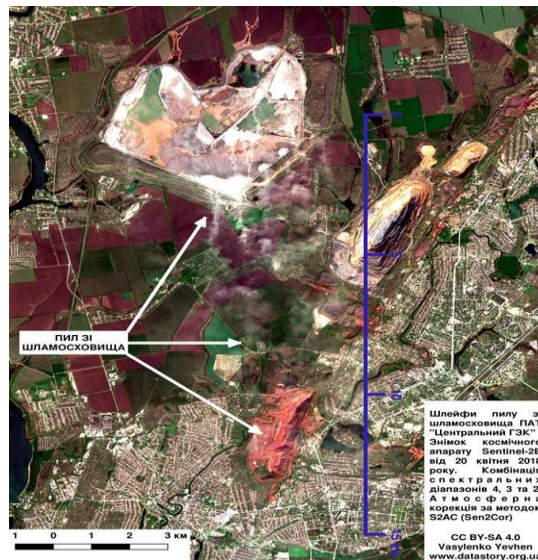


Рис. 1. Розсіювання пилу від джерела виносу пилу

Висновки :

1. Забруднення повітря пилом вимагає вибору шляхів захисту працівників від його шкідливого впливу.
2. Супутниковий моніторинг, дозволяє визначати шляхи і межі поширення пилових часток з повітряними потоками.

Література:

1. Бересневич П.В. Охрана окружающей среды при эксплуатации хвостохранилищ / П.В. Бересневич, Н.Г. Кузьменко, Н.Г. Неженцева. – М.: Недра, 1993. – 128 с.
2. Офіційний сайт Криворізької міської ради та її виконавчого комітету. Географічне положення міста Кривого Рогу [Електронне джерело] <https://kr.gov.ua/pro-misto-kriviy-rig/geografichne-roztashuvannya>
3. Домнічев М.В. Розробка технології знепилювання хвостосховищ гірничо-збагачувальних комбінатів Кривбасу / Домнічев М.В. / Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук – Криворізький технічний ун-т. - Кривий Ріг, 2010. 129с.
4. Гандзюк М. П., Желібо Є. П., Халімовський М. О. Г 19 Основи охорони праці: Підручник. 4-е вид. / За ред. М. П. Гандзюка. — К.: Каравела, 2007. - 384 с.
5. Євген Василенко. Особиста сторінка в соціальній мережі Фейсбук. [Електронне джерело] <https://www.facebook.com/evgen.vasilenko/posts/2136656759760332>

УДК 316.74

О.О. Головань, Н. П. Мельниченко, канд. техн. наук, доц.
(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

КОМБІНАТОРИКА ГЕОМЕТРИЧНИХ ОБРАЗІВ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ФІРМОВИХ ЗНАКІВ

Світ у якому ми живемо заповнений геометрією будинків та вулиць, пагорбів та полів, творінням природи та людини.

Геометрія допомагає краще орієнтуватися у цьому світі, робити відкриття, розуміти красу та мудрість навколишнього середовища. Для наших предків важливу роль відігравала форма навколишніх предметів. По кольору та формі

вони відрізняли їстівні гриби від неїстівних, дерева, які використовуються в будівництві від тих, які придатні тільки на дрова. Особливо їм подобалися горіхи кокосової пальми, які мали форму кулі. А коли видобували сіль, люди бачили кристали, які мали форму куба. Так, оволодіваючи навколишнім світом, люди знайомилися з найпростішими геометричними формами.

Спеціальних назв для геометричних форм, звісно не було. Говорили: «Такий, як коксовий горіх» або «Такий, як сіль». Та коли люди почали будувати будинки із дерева, почали розбиратися, яку форму необхідно придати кривлі, якої форми має бути деревина. Самі того не розуміючи, люди весь час були поряд із геометрією: жінки шили одяг, чоловіки - знаряддя для полювання та рибальства. Коли почали будувати кам'яні будівлі та тягати кам'яні брила - використовували катки. Так люди познайомилися із одним із поверхонь – циліндром. Для переміщення важкої деревини щоб полегшити роботу, стали вирізати тонкі круглі пластинки. Так з'явилося перше колесо. Астрономи, які спостерігали за небом, навчилися виміряти кути. Крім цього люди любили прикрашати своє житло, одяг - браслетами, намистом. Так практична діяльність привела до подальшого поглиблення знань про геометричні форми. Звісно, геометрія дає не тільки уяву про форму предметів, їх властивостей, взаємне положення, але і вчить мислити, ставити питання, аналізувати, робити висновки, логічно мислити. Сьогодні зміст геометрії розширився далеко за межі науки про землю.

Геометрія - слово грецького походження. Воно означає землемірство. Однак першими «землемірами» були стародавні єгиптяни. Сільське господарство могло розвиватись лише біля річки Ніл. Щороку Ніл розливавсь, приносячи на землі, які були залиті водою, плодючий мул. Кожен селянин мав наділ землі певної площі, однак розливи ріки не дозволяли раз і назавжди визначити межі кожного наділу, тому після чергового розливу доводилось визначати земельну ділянку заново. Це виконували землеміри — люди, що за допомогою шнура відміряли кожному селянину ділянку з площею, яка була йому приписана. Стародавні єгиптяни не знали циркуля, його винайшли греки. Однак це їм особливо не перешкоджало. Так, прямий кут вони будували мотузкою, що має довжину 12 мір. За допомогою цієї мотузки можна побудувати трикутник зі сторонами 3, 4 і 5 мір. Такий трикутник за теоремою Піфагора є прямокутним. Тому прямокутний трикутник також називають єгипетським.

Геометрія греків, звана сьогодні евклідовою, або елементарною, займалася вивченням простих форм: прямих, площин, відрізків, правильних багатокутників і багатогранників, конічних перерізів, а також куль, циліндрів, призм, пірамід і конусів. Обчислюються їхні площі і об'єми. Перетворення в основному обмежувалися геометричною подібністю.

Як усе розмаїття форм життя вмістити у певні межі, у конкретну форму? З давніх часів це питання хвилювало людство і відповідь було знайдено: проста геометрична форма - коло, квадрат, хрест, трикутник використовувалися як графічний знак, що символізував природні явища, стихії, людину у світі.

Магічним значенням наділяли кожен геометричну форму, графічний знак-символ застосовували як оберіг від злих духів, як втілення космічного порядку і

гармонії. Наприклад, коло було символом небесного бога Сварога, що живе у зоряному царстві дванадцяти зодій (коло Свароже). Як пише у своїй книзі про українську міфологію Валерій Войнович: «Трикутник завжди символізує три стихії - воду, повітря й вогонь, а ще матір, батька і дитину». Заштрихований квадрат та ромб символізували засіяне поле та родючість землі. Сакральне значення мав хрест, один із найдавніших символів, «культовий предмет, знак сонця і вогню, символ вічного життя. Вертикаль орієнтованого хреста означала батьківське начало, горизонталь - материнське, а сам хрест з колом-сонцем утворював третю силу - синівську».

Прикладом використання таких графічних знаків може бути наша писанка, що збереглася майже незмінною з трипільських часів. Віра Манько у книзі «Українська народна писанка» пише: «Корінням своїм писанка сягає дохристиянських часів, коли на півдні Східної Європи (нинішня Україна) мешкали суспільства із землеробською основою культури. Про те, що писанка належить до цієї культури, свідчить її знаковий код, себто орнамент. На Великдень святкували перемогу сонця над темнотою, життя над смертю, весни над зимою і як сонячний символ дарували «красні яєчка...» давні взори - це графічний запис молитви-прохання: про дощ, врожай, про жіночу плідність. Українська народна писанка. Орнамент української писанки загалом перегукується з орнаментом посуду Трипільської культури»

З давніх-давен народні майстри розписували графічними знаками-орнаментами посуд, житло, вишивали на одязі. Головний зміст таких знаків був космогонічний, а вже потім декоративний, оздоблювальний. Геометрія форми найбільше проявила себе в архітектурі, ужитковому мистецтві та одязі. В образотворчому ж мистецтві до XX ст. геометричну складову можна спостерігати в іконописі, де форма знову-таки носила семантичний характер і використовувалась як символ надземного, божественного

Геометричні фігури є найбільш абстрактними і несхожими на предмети з навколишнього світу. За допомогою їх використання художник не ілюструє дійсність, а вирішує безпосередньо мистецькі проблеми. Це спроба очищення живописної мови і наближення до ще невтілених ідей, які вирують у космічній сфері, шукаючи свого матеріального прояву.

У наш час орнамент розглядають як частину архаїчної універсальної знакової системи, що включає в себе велику кількість знаків, символів, мотивів, які використовувалися в різних сферах життя. Коли взяти за основу твердження М. Кагана про те, що знакові системи є мовами культури, які виступають засобами узагальнення і матеріалізації набутих знань, то орнаментика, як частина знакових систем, також входить до мов культури. Сама структура орнаменту, способи його використання, його призначення свідчать про те, що він є однією з універсальних мов міжкультурного спілкування, яка однаково входить і до семіосфери етнічної культури, і до культури професійної.

В цілому давні умовні знаки мають різне призначення і функціонували на різних рівнях культури: це могли бути як малюнки культового змісту, так і інші - знаки племені, знаки власності тощо.

Орнаментика геометричного малюнка виникла на основі графічної символіки, яка мала для людини практичне значення: свого часу вона відтворювала релігійне осмислення дійсності і застосовувалась задля магічного впливу на умови буття. Крім того, в цих зображеннях людина фіксувала і передавала нащадкам різну інформацію. В результаті такі символи набули значення родової пам'яті і зв'язків між членами суспільства

Традиційна культура українців багато успадкувала від далекого минулого, і орнаментика також є важливою часткою цієї спадщини. Ми зустрічаємо орнаменти майже скрізь, а одним з аспектів народної культури, де орнамент функціонує постійно, є виготовлення предметів із тканини, зокрема - вишивка. І геометричні орнаменти тут відігравали домінуючу роль досить довгий час, в окремих регіонах України така ситуація зберігається і досі.

Існують різні точки зору з приводу того, чому геометричні орнаменти були максимально поширені у вишивках, зокрема специфіка виконання малюнків на тканині голкою й ниткою і структура самої тканини можуть призвести до геометризації окремих малюнків. Короткий аналіз, складових орнаменту, показує, що його основу складають прості геометричні образи в різних комбінаціях. Сама структура орнаменту, способи його використання, його призначення, свідчать про те, що він є одним з універсальних мов міжкультурного спілкування, який однаково входить і до етнічної культури, і до культури професійної.

У сучасних умовах особливого значення набуває комбінаторика геометричних образів при проектуванні фірмових і торгових знаків. Порівняльний аналіз геометричної морфології торгових знаків свідчить про те, що найчастіше при проектуванні використовуються квадрати і квадратні модулі, кола або частини кола, а також лінійні і ламані контури. Можливо, і ми своїм нащадкам залишимо про себе інформацію через прості геометричні образи.

Література:

1. Войтович В. Українська міфологія. - К.: Либідь, 2002. - С. 568.

2. Манько В. Українська народна писанка. - Львів. Монастир Монахів Студитського Уставу. Видавничий відділ «Свічадо», 2002.- С. 5-6.

УДК [621.914:622.3]:622.232.72:622.271

О.О.Вусик, А.М. Пижик, канд. техн. наук, доц.

(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

ПОШАРОВЕ ФРЕЗЕРУВАННЯ НАПІВСКЕЛЬНИХ І СКЕЛЬНИХ ГІРСЬКИХ ПОРІД ГІРНИЧИМИ КОМБАЙНАМИ НА ЗАЛІЗОРУДНИХ КАР'ЄРАХ

Розглянуто основні показники роботи кар'єрних комбайнів фрезерного типу. На основі аналізу існуючих підходів вирішення завдання, щодо впровадження комбайнового способу розробки породного масиву на залізорудних кар'єрах, визначити доцільності його використання з урахуванням специфіки його роботи. Аналіз безпечної і ефективної роботи залізорудних кар'єрів при застосуванні технології пошарового фрезерування без виконання буро-підричних робіт.

Проблема ефективності освоєння родовищ корисних копалин на гірничовидобувних підприємствах набуває усе більшого значення. Стан вирішення цієї проблеми, враховуючи виконану достатню кількість наукових досліджень в даному напрямку, знаходиться на низькому рівні. Різноманіття виконаних наукових робіт має неузагальнений характер та в більшості випадків представляють собою сукупність різних векторів розв'язання даної проблеми. Більшість робіт науковців присвячені обґрунтуванню області можливого застосування сучасного виймально-навантажувального обладнання та обмежуються лише технологічними питаннями його застосування, тоді як реальне вирішення цього питання вимагає комплексного підходу, щодо ефективності застосування безвибухової технології розробки родовищ корисних копалин.

На сучасному етапі діяльність залізрудних підприємств України відбувається в умовах, коли:

- значна частина легкодоступних і багатих на вміст корисного компоненту залізрудних покладів вичерпують себе;

- ведення відкритої розробки відбувається на значній глибині, що погіршує показники ефективності роботи кар'єру;

- збільшується негативний вплив на навколишнє середовище діяльністю гірничовидобувних підприємств;

- підвищуються енерговитрати технології ведення розробки родовищ корисних копалин і ціни на енергоносії на світовому ринку.

З іншого боку на ефективність використання кар'єрних комбайнів фрезерного типу впливає сукупність гірничотехнічних факторів. Значна інтенсивність видобувних і розкривних робіт призводить до збільшення глибини відпрацювання покладу і приводить до необхідності наглядати за деформаційними процесами з проведенням розрахунків стійкості бортів кар'єру під впливом буро-підрильних робіт.

Метою даної роботи є обґрунтувати технологію пошарового фрезерування порід комбайновим способом, а також розробити технологічні рішення і рекомендації стосовно вибору раціонального типу кар'єрних комбайнів. Що сприяє зменшенню витрат на ведення гірничих робіт, підвищенню безпеки і продуктивності праці за рахунок нового підходу до ведення відкритої розробки родовищ корисних копалин.

Виходячи з аналізу особливостей відкритої розробки родовищ корисних копалин, видно що масив гірських порід представляє собою об'єкт дослідження із складною структурою. Який потребує вивчення і внесення змін стосовно форми бортів кар'єру з метою підвищення їх стійкості при виконанні буро-підрильних робіт на глибоких кар'єрах.

Вирішення поставлених завдань виконувалось із застосуванням комплексного методу, котрий враховує теоретичні аспекти узагальнення практичного досвіду ведення розробки залізрудних кар'єрів. В основі дослідження проаналізовано методи кінцевих елементів, також враховано метод реперних станцій та техніко-економічний аналіз отриманих результатів

дослідження для виконання технічних рішень стосовно застосування технології пошарового фрезерування.

В розрахунках стійкості відкритих гірничих виробок потрібно акцентувати увагу на врахуванні факторів, що погіршують їх стійкість. Адже, величина максимального запасу стійкості є дуже важливою технічною характеристикою для отримання реальних показників економічності і безпечності ведення гірничих робіт. Зрозумілим є той факт, що коли розбіжності між фактичними і розрахунковими значеннями мінімальні, тоді ця величина може вважатися достовірною. Тому для отримання більш точнішої оцінки визначення стійкості бортів кар'єру потрібно не враховувати погрішності визначення розрахункових показників і погрішності розрахункового методу. Слід максимально врахувати фактори, що впливають на стійкість, а також фізико-механічні властивості порід. Наприклад, неправильне визначення коефіцієнту структурного ослаблення, в розрахунках в основному використовують середнє значення міцнісних властивостей порід, що як наслідок приводить до заниження коефіцієнта запасу стійкості.

Більш детальніше вивчення фізико-механічних властивостей порід, дозволить забезпечити найбільш ефективне відпрацювання залізорудного кар'єру до досягнення проектної глибини з врахуванням вимог єдиних правил безпеки ведення відкритих гірничих робіт.

Виникає необхідність переглянути параметри елементів системи розробки залізорудного покладу. Використовуючи технологію пошарового фрезерування напівскельних і скельних гірських порід кар'єрними комбайнами, потрібно встановити раціональний порядок ведення відкритої розробки покладу і технологічних схем розвитку кар'єру. Важливим залишається дослідження напруженого стану і особливостей розвитку деформацій бортів кар'єру з високими уступами.

Умови глибоких кар'єрів, які відпрацьовують крутоспадні родовища, дозволяють застосовувати технологію пошарового фрезерування гірських порід, яка в значній мірі підвищує ефективність та техніко-економічні показники відпрацювання залізорудного покладу.

УДК 613.6: 669 (477)

Д.В. Заболотний, Н.П. Мельниченко, канд. тех. наук, доц.
(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

УДОСКОНАЛЕННЯ ОХОРОНИ ПРАЦІ В ГІРНИЧО-МЕТАЛУРГІЙНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Умови та безпека праці, їх стан та поліпшення – самостійне і важливе завдання соціальної політики будь-якої сучасної промислово розвиненої держави. Щоб краще усвідомити, на якому рівні перебуває стан охорони праці в сучасній Україні, необхідно зважити на те, що 1991 року розпочалася не лише розбудова

нової держави, а й те, що країна, опинившись у стані економічної кризи, водночас вирішувала завдання зміни соціального, економічного та державного устрою.

Заявивши про свій намір приєднатися до Європейського Союзу, Україна взяла на себе зобов'язання щодо приведення національного законодавства у відповідність до законодавства ЄС. Для цього прийнято нову редакцію Закону «Про охорону праці» та розроблено проект Закону «Про безпечність промислової продукції», розробляються нові нормативно-правові акти, триває робота щодо внесення змін до чинних нормативних актів за такими напрямками: загальні вимоги безпеки праці та захисту здоров'я працівників на робочих місцях, безпека машин, безпека електрообладнання, засоби індивідуального захисту, використання вибухових речовин, гірничі роботи, захист від шуму тощо.

У теперішніх умовах на металургійних підприємствах важливим є застосування сучасних технологій, які дозволяють більш ефективно використовувати металургійні агрегати, підвищувати конкурентноспроможність виробників і засвоювати виробництво нових видів продукції. Найбільша увага приділяється вдосконаленню процесу виробництва сталі в кисневих конвертерах, що є найбільш актуальною задачею у сучасній чорній металургії. Для вітчизняних виробників ця задача є особливо важливою, тому що вони знаходяться на стадії реформування і реорганізації технологій.

Основними причинами нещасних випадків у нашій країні є порушення технологічного процесу, трудової та виробничої дисципліни, вимог безпеки під час експлуатації транспортних засобів, незадовільне утримання і непродумана організація робочих місць, незадовільна організація виконання робіт, невикористання засобів індивідуального захисту. Водночас варто зазначити, що у зв'язку з погіршенням економічної ситуації і матеріально-технічної бази підприємств, що спостерігалася впродовж минулих майже двох десятиліть, умови праці на більшості з них також погіршилися. У промисловості, сільському господарстві, будівництві, на транспорті зростає кількість робочих місць, що не відповідають санітарно-гігієнічним нормам і правилам. У середньому 20–25% працівників постійно перебувають під впливом шкідливих умов праці. Спостерігається суттєва різниця за кількістю травмованих і загиблих як у окремих галузях виробництва так і в окремих регіонах країни.

Найбільший виробничий травматизм існує в Донецькій, Луганській, Дніпропетровській, Запорізькій областях – це області з розвиненою металургійною промисловістю, машинобудуванням, авіа- та приладобудуванням, а найменший – у Чернівецькій, Закарпатській, Тернопільській областях, саме в тих, у яких обмаль підприємств зазначених галузей.

Найбільш травмонебезпечними залишаються гірничодобувна та металургійна промисловість, за якими йде важке машинобудування, тобто саме ті галузі виробництва, для яких готують спеціалістів та магістрів на інженерно-фізичному факультеті. Високий рівень травматизму на підприємствах цих галузей виробництва зумовлений наявністю складних технологічних процесів, небезпечних умов праці, великою кількістю машин, механізмів, обладнання підвищеної небезпеки.

Проблема забезпечення безпеки небезпечних виробничих об'єктів металургійних підприємств є дуже важливою і актуальною. За статистичними даними, щорічно відбувається близько 30-40 аварійних ситуацій на металургійних підприємствах. З них, понад 70% аварійних ситуацій відбувається з вини працівників металургійних підприємств – незадовільна організація і проведення робіт, а також порушення технологічних інструкцій. Основні причини виникнення аварійних ситуацій на металургійних підприємствах криються в виробничо - технічних відносинах, що виникають в людино - машинній системі технологічного процесу металургійного виробництва. Проблема забезпечення безпеки металургійних підприємств є складним комплексним завданням, яке включає в себе технічні, організаційні та інформаційні аспекти, які враховують взаємозв'язок і взаємовплив різних факторів в системі «працівник - техніка - середовище».

Підприємства металургійної промисловості відносяться до виробничого циклу, де майже на кожному кроці проводяться роботи підвищеної небезпеки, в результаті чого охорона праці і всі питання, що стосуються її повинні перебувати під особливим контролем. Всі роботи з будівництва та реконструкції, введення в експлуатацію нових технологій на металургійних підприємствах повинні проводитися обов'язково в строгій відповідності з діючими нормативами безпеки праці і бути узгодженими з відповідними органами державного нагляду.

Відсутність належної охорони праці призводить до зниження продуктивності, оскільки пов'язані з роботою нещасні випадки і захворювання обходяться дуже дорого і можуть мати безліч серйозних прямих і непрямих наслідків для життя працівників, їх сімей та роботодавців. У 1920-х роках Х.В. Хайнріх (H.W. Heinrich) розробив так звану «теорію айсберга». У відповідності з цією теорією, він розділив втрати підприємства, пов'язані з нещасними випадками, на прямі і непрямі. Прямі витрати на нещасні випадки включають в себе витрати, пов'язані із заробітною платою, що виплачується в період відсутності працівника, медичне обслуговування, оплату медичної допомоги та інші витрати, що виникли безпосередньо в результаті нещасного випадку. Непрямі витрати - всі інші витрати, які спричинили за собою нещасний випадок, Наприклад, втрата робочого часу інших працівників, крім потерпілого, псування майна, сировини і продукції, падіння іміджу компанії, штрафи, зниження продуктивності. Якщо компанія не виявить і не візьме до уваги ці втрати, це може мати наслідки в плані її готовності інвестувати кошти в охорону праці.

Об'єкт підвищеної небезпеки - металургійне виробництво, де використання правил охорони праці не просто важливо, а життєво необхідно. Ряд заходів і інструктажу забезпечують не тільки високий рівень виробництва, але і сприятливі умови для професійної діяльності на виробництвах такого типу. Охорона праці в металургії включає в себе ряд обов'язкових видів інструктажів з техніки безпеки в тій чи іншій ситуації (не тільки безпосередньо при виробництві).

На сьогоднішній день крім інструкцій, використовуваних безпосередньо на виробництві, існує ряд навчальних посібників з охорони праці в металургії і звід

законів і норм з охорони праці в даній галузі. Охорона праці в металургії включає в себе ряд правил і вимог для безпечної експлуатації обладнання, перебування на об'єкті, виконання того чи іншого виду робіт.

Важливе місце у структурі факторів, що формують стан здоров'я працюючих належить умовам праці. Одним з найбільш багаточисельних контингентів, що підпадають під дію підвищеного професійного ризику – це працівники металургійного виробництва, 75 % яких працюють в умовах, що не відповідають гігієнічним нормативам.

Процес поліпшення умов праці в чорній металургії та сталеварильній промисловості повинен вестися систематично. Прагнучи реалізувати прийнятні, екологічно обґрунтовані умови техніки безпеки, необхідно фінансувати створення постійних механізмів для їх перегляду, планування, здійснення, оцінки та відповідної діяльності. Це слід здійснювати за допомогою налагодження систем управління охороною праці. Ці системи повинні бути адаптовані до конкретного підприємства з урахуванням його масштабів і характеру діяльності.

Постійне виконання цих вимог дозволить зменшити рівень травматизму та зекономити матеріальні ресурси за рахунок зменшення витрат на лікування працівників.

Література:

1. Ткачук К.Н., Халімовський М.О., Зацарний В.В. та ін.. *Основи охорони праці: Підручник. 2-ге видання /* – К.: Основа, 2009 – 448 с.
2. *Охорона праці і бізнес. Субрегіональне бюро для країн Східної Європи і Центральної Азії.* - М.: МОП, 2010. - 132 с.
3. Кундієв, Ю. І. *Професійна захворюваність в Україні у динаміці довгострокового спостереження [Текст] /* Ю. І. Кундієв, А. М. Нагорна // *Український журнал з проблем медицини праці.* – 2005. – № 1. – С. 3–10.

І. М.Ревенко, учень 8 класу, В. П.Шведун, керівник, вчитель біології
(Україна, Кривий Ріг, КЗШ I-III ступенів № 79)

ВПЛИВ ПАРНИКОВОГО ЕФЕКТУ НА ЖИТТЄДІЯЛЬНІСТЬ ЖИВИХ ОРГАНІЗМІВ

Зміна клімату - це зміна кліматичних умов, спричинена змінами у фізико-хімічному складі атмосфери або інших ланках земної кліматичної системи та безпосередньо чи опосередковано зумовлена діяльністю людини. Неприятливі наслідки зміни клімату - це зміни в біосфері, які негативно впливають на склад, відновну здатність та продуктивність природних і регульованих екосистем, на здоров'я і благополуччя людини. Одна із причин зміни клімату - парниковий ефект.

Парниковий ефект - серйозна екологічна проблема. Якщо не зупинити його наростання, рівновага на Землі може порушитися. Зміниться клімат -прийдуть голод і хвороби. Вчені розробляють різні заходи боротьби з проблемою, яка стає глобальною.

Головний внесок у формування парникового ефекту вносять водяна пара і вуглекислий газ, що містяться в атмосфері.

Тема роботи: «Вплив парникового ефекту на рослини».

Мета роботи: дослідження впливу парникового газу CO_2 на ріст і розвиток рослини та на рівень температури повітря.

Даний експеримент проведений для вивчення наслідків антропогенного навантаження та парникового ефекту на рослини.

Об'єкт дослідження: рослини томатів, які вирощувалися за умов різної концентрації вуглекислого газу.

Предмет дослідження: виявлення залежності між концентрацію вуглекислого газу в повітрі та його температурою як чинник, що супроводжує настання парникового ефекту.

Висунули гіпотезу, що із збільшенням концентрації вуглекислого газу в досліджуваному середовищі збільшиться температура повітря та виникне парниковий ефект, який вплине на ріст та розвиток рослин.

Робота передбачає виконання наступних задач:

- 1) Ознайомлення із механізмом утворення парникового ефекту за літературними джерелами.
- 2) Вирощування розсади томатів для проведення досліджень.
- 3) Проведення експерименту з різними концентраціями вуглекислого газу в досліджуваному середовищі.
- 4) Аналіз отриманих результатів, формулювання висновків.
- 5) Розробка рекомендацій щодо зменшення виділення вуглекислого газу в довкілля з метою зменшення парникового ефекту.

Робота проводилася у червні-липні 2017 року.

Матеріали узагальнені у вигляді таблиць, графіків, діаграм, проілюстровані фото.

Висновки: Виконаний експеримент підтвердив висунуту гіпотезу про вплив збільшеної концентрації вуглекислого газу в досліджуваному середовищі на збільшення температура повітря та виникнення парникового ефекту, який, у свою чергу, впливає на ріст та розвиток рослин.

Висновки роботи наступні:

- 1) Парниковий ефект - природне явище, яке може посилюватися від збільшення в повітрі концентрації парникових газів; одним з них є вуглекислий газ.
- 2) І в природних, і в експериментальних умовах вуглекислий газ необхідний рослинам, адже використовується ними для процесу фотосинтезу, сприяє утворенню поживних речовин, що використовуються для росту рослин.
- 3) Дослідним шляхом пересвідчилися, що підвищення концентрації вуглекислого газу в повітрі призводить до підвищення його температури і виникненню парникового ефекту.
- 4) Підвищення температури та концентрації вуглекислого газу в агросистемах сприяло підвищенню морфометричних показників рослин, а саме росту надземної і підземної частин. Але ці підвищення тривають до певної межі температур, за яких починається пожовтіння та загибель рослин.
- 5) Певне підвищення концентрації вуглекислого газу можна використати під час вирощування розсади рослин у теплицях для прискорення їх росту. А в

природних умовах знизити парниковий ефект можна, насаджуючи дерева, що будуть поглинати зайвий CO_2 .

Література:

1. Екологія в дослідках. Методичні рекомендації для наукової роботи в навчальних закладах різного типу: У 2-х ч. Частина-2. / О.Я. Буждиган, С.С. Руденко, О.Д. Зароченцева, С.С. Костишин. - Чернівці: Місто, 2015. - 128 с.

2/Парниковий ефект і зміни клімату в Україні: оцінки та наслідки / За ред. Лялька В.І. - Київ: НВП «Видавництво "Наукова думка" НАН України», 2015.- 283 с.

3/http://old.geology.lnu.edu.ua/phiss_geo/fourman/E-books-FVV/Interactive%20books/Meteorology/Weather%20Forecasting/Weather%20Ukraine/Maps/Klimat%20regionu%20Ukraine/Greenhouse%20of%20the%20Earth.htm
4/http://pidruchniki.com/1854110937960/ekologiya/pamikoviy_efekt_globalne_popteplinnya_klimatu

5/http://technogprob.blogSpot.com/p/blog-plage_4793.html

УДК 67.017+51.7

В.О.Федусов, О.А.Гулівець, канд. техн. наук, доц., С.Ю.Олійник, викладач (Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ДЕМПФУВАННЯ ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ У ЗАЧЕПЛЕННІ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС

Виробництво механічних передач і трансмісій на їх основі є одним із самих масових і другим в світі за обсягом (більш 70 млрд. доларів США) продукції, що реалізується [1]. При цьому найбільш широке застосування мають зубчасті передачі.

Режими роботи ряду машин (конвеєри ланцюгові, пластинчасті, скребкові, деревообробні верстати та інші) характеризується нерівномірністю навантаження з частими короткочасними його коливаннями в 1,5-2 рази, що скорочує строк служби передач, які застосовуються в їх приводах. В редукторах тепловозів і ряду інших машин необхідно зменшувати динамічні навантаження в періоди пуску. Крім цього деформації зубців, а також похибки кроку та профілю зубців, при виготовленні зубчастих коліс викликають їх коливання в процесі переспряження і появу динамічних навантажень.

Дослідженню динаміки зубчастих передач присвячена велика кількість робіт вітчизняних та зарубіжних дослідників: Е. Бакінгема, А.І. Петрусевича, Н.Д. Генкіна, В.К. Гринкевича, В.А. Доллежала, Б.М. Абрамова, М.С. Полоцького, М.В. Скрабелінського, І.Ш. Давидова, М.А. Ковальова, Х. Мерріта, М. Боша та багатьох інших. Найбільш глибокі дослідження динаміки зубчастих передач проводилися в ЦНИИТМАШ, в інституті машинознавства та в ряді науково-дослідних інститутів. Був розроблений ряд математичних моделей динаміки зубчастих передач та конструкцій пружних зубчастих коліс.

Метою даної роботи є розробка способу конструктивного демпфування коливань навантаження на зубці зубчастої передачі.

Як відомо, при роботі зубчастих передач в зачепленнях виникають

динамічні навантаження, які є наслідком впливу ряду внутрішніх факторів, що властиві самій зубчастій передачі, та зовнішніх факторів, які залежать від режиму роботи двигуна та виконуючого механізму. Неминучість похибки у виготовленні зубчастих коліс, а також пружні деформації зубців під навантаженням спричиняють появу динамічних навантажень у зачепленні. Основний вплив на динамічні навантаження мають похибки основного кроку P_e зубців шестерні та колеса і їхня колова швидкість. Якщо основний крок зубців колеса більший від кроку зубців шестерні, то ніжка зуба I шестерні I (рис. 1, а) буде наносити улар по кромці спряженого зуба колеса 2 поза лінією зачеплення поблизу точки P_1 (кромковий удар). Якщо крок зубців шестерні I з урахуванням деформацій буде більшим кроку зубців колеса II , то пара зубців шестерні входить в контакт на лінії зачеплення поблизу точки A_1 , після того як точка контакту зубців колеса II відійде від лінії зачеплення (серединний удар).

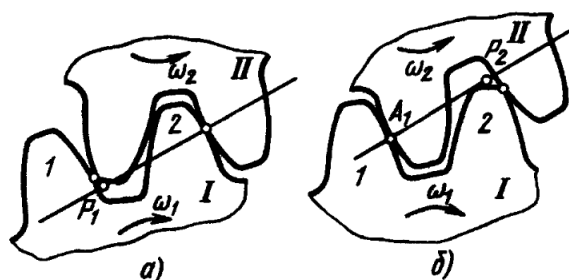


Рис. 1. Схема виникнення кромкового (а) та серединного (б) ударів зубців коліс у зачепленні

Вплив похибки кроку і профілю зубців та деформації зубців на динамічні навантаження в зачепленні враховуються коефіцієнтом динамічного навантаження K_d при перевірних розрахунках зубців коліс на втому. Для зменшення динамічних навантажень, які є результатом впливу внутрішніх факторів, необхідно:

- підвищувати точність виготовлення зубчастих коліс;
- застосовувати фланкування зубців коліс;
- збільшувати перекриття зубчастих коліс.

Короточасні перевантаження, які не враховуються при перевірних розрахунках зубців коліс передач на втому і які залежать від режиму роботи двигуна та виконуючого механізму, суттєво впливають на величину динамічних навантажень у зачепленні (табл. 1) [2].

При нечастих короточасних перевантаженнях для запобігання втраті статичної міцності зубців за відомими формулами виконують перевірку зубчастих передач на міцність. Але при частих пусках такі короточасні перевантаження можуть суттєво впливати на пришвидшення втомного руйнування необхідність зменшувати динамічні навантаження зубців в періоди пуску.

Найбільш ефективним способом зменшення динамічних навантажень є демпфування. Конструктивне демпфування коливань навантаження можна здійснити шляхом використання пружних елементів в конструкціях коліс та їхніх опор.

Таблиця 1.

Вид робочої машини та умови експлуатації	Коефіцієнт динамічного навантаження K
Приводи з асинхронним електродвигуном при пуску	2,5...5,0
Головний привод токарних верстатів з асинхронним електродвигуном	1,8...4,0
Лебідки, стругальні та довбальні верстати, скребкові конвеєри, фрикційні преси	1,5...2,5
Вантажопідйомні машини: механізми підйому	1,2...2,0
механізми пересування	1,5...4,0
Вентилятори, повітродувки	1,4...1,8
Електричний транспорт	1,6...2,5
Дробарки каміння	2,0...3,5
Млини, глином'ялки, змішувачі в'язких мас	1,8...2,2
Кривошипно-повзунні та ексцентрикові механізми	1,8...3,0
Прокатні стани (удари при захваті)	2,5...6,0

На рис. 2, а [2] показана одна із існуючих конструкцій пружного зубчастого колеса для зменшення крутильних коливань. В даній конструкції висока колова податливість досягається за рахунок пружного з'єднання обода 1 колеса з маточиною 2 через ряд пружин 3. Для запобігання перекоосу пружини установлені на циліндричних шарнірних сухарях 4, які обпираються в дно гнізд в виступах обода і маточини. В такій конструкції пружного колеса половина пружин використовується для передачі обертального моменту, а друга половина – для амортизації динамічного навантаження.

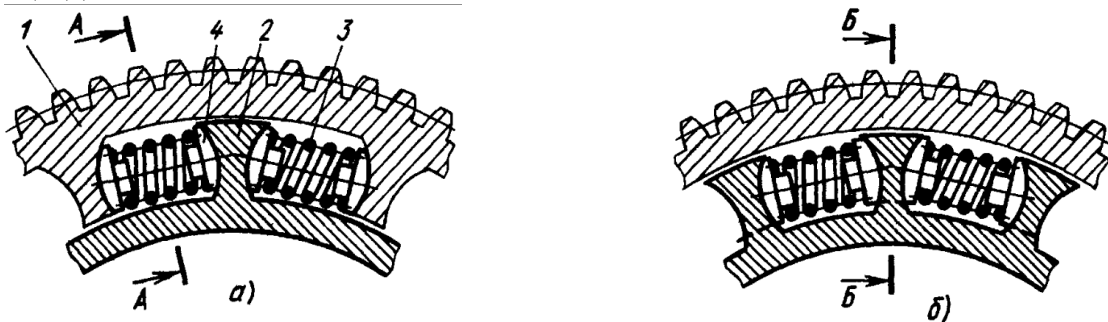


Рис. 2. Способи конструктивного демпфування динамічних навантажень

В іншій конструкції (рис. 2, б) виступи маточини 2 введені в прорізи виступів обода. Дякуючи цьому всі пружини приймають участь у демпфуванні коливань навантаження. Такі конструкції використовують в редукторах тепловозів та інших машин, в яких необхідно зменшувати динамічні навантаження в періоди пуску.

Характерною особливістю конструкцій, наведених на рис. 2 а та 2 б, є те, що в виконаний на внутрішній поверхні обода паз вводяться виступи (диск) зовнішньої поверхні маточини і внаслідок цього відбувається центрування обода та маточини в радіальному та осьовому напрямках. Для зменшення спрацювання поверхонь паза обода та поверхонь виступів маточини необхідно передбачити

змащення тертьових поверхонь.

В конструкції пружного зубчастого колеса (рис. 3) [3] центрування обода відносно маточини в радіальному напрямі здійснюється за допомогою двох радіальних роликових підшипників, а в осьовому напрямі закріпленими з обох боків на маточині кришками.

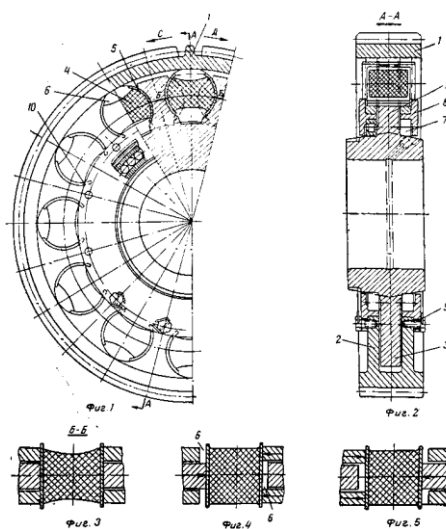


Рис. 3. Пружне зубчасте колесо для тягової передачі локомотива

В конструкції, що наведена на рис. 3 [4], центрування обода зубчастого колеса відносно маточини здійснюється двостороннім кульковим підшипником, що складається з кульок, які насипані і заповнюють бігову доріжку, утворену фланцями, що закріплені болтовим з'єднанням на маточині, і диском зубчастого вінця. Така конструкція дозволяє сприймати повне осьове навантаження.

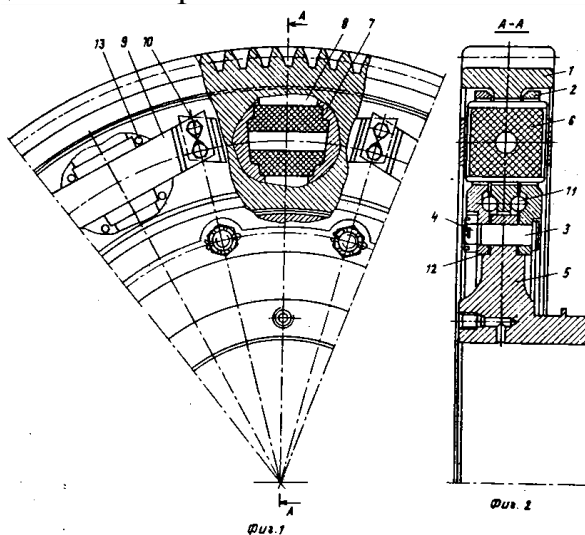


Рис. 4. Пружне зубчасте колесо

В конструкціях пружних зубчастих коліс, що наведені на рис. 3 та рис. 4 застосовані неметалічні пружні елементи, які менш довговічні від металевих та мають меншу несучу здатність.

Як видно з аналізу, існуючі конструкції пружних зубчастих коліс є достатньо складними у виготовленні, монтажу та обслуговуванні при експлуатації (при заміні пружних елементів).

Література:

1. Гольдфарб В.И. Тенденции развития рынка производства и потребления зубчатых передач / В.И. Гольдфарб, В.И. Некрасов, Л.А. Ширманова // Теория и практика зубчатых передач: Сб. докл. научн.-техн. конф. с междунар. участием. Ижевск, 2004. – с. 5-11.
2. Иосилевич Г.Б. Детали машин. Учебник для студентов машиностроит. спец. вузов. – М.: Машиностроение, 1988. – 368 с.
3. А.С. 249415 (СССР). Упругое зубчатое колесо для тяговой передачи локомотива / Беган-Богацкий П.З., Ряховский Н.С., Добрынин Л.К.
4. А.С. 702201 (СССР). Упругое зубчатое колесо / Беляев А.И., Иванов В.Н., Никифоров Б.Д., Родова Л.И., Яров Н.С.

УДК 699.841

У.І. Зюган, К.М. Романенко, канд.техн. наук, доц.,
(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

СИСТЕМИ ІНЕРЦІЙНОГО ДЕМПФУВАННЯ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ У СЕЙСМОСТІЙКОМУ БУДІВНИЦТВІ

Актуальність проблеми сейсмічного захисту будівель і споруд пояснюється постійною наявністю сейсмічної активності в різних районах Землі. Створення та розвиток аварійних ситуацій у висотних спорудах може мати важкі наслідки не тільки матеріального, економічного, екологічного, а й соціального характеру.

Згідно з картою сейсмічної активності України небезпечними зонами є Карпати та майже вся Одеська область.

Сейсмічне навантаження – це сили інерції, які обурені масою споруди внаслідок її коливань. Величина сейсмічного навантаження залежить від таких факторів, як:

- 1) Геологічні умови площадки будівництва, району будівництва.
- 2) Інтенсивності, тривалості та частотних характеристик очікуваного землетрусу.
- 3) Динамічних параметрів споруди.

Головними завданнями сейсмотійкого будівництва є:

- 1) Вивчати та досліджувати взаємодію будівельних об'єктів з рухомою основою.
- 2) Заздалегідь обмірковувати і розглядати причини і наслідки можливого сейсмічного впливу.
- 3) Проектувати, будувати і підтримувати будівлі, розраховані на дане навантаження.

Сучасні висотні споруди піддаються дії сейсмічних і вітрових навантажень, впоратися з якими можна або підвищенням жорсткості будівлі, відповідно, маси і кількості матеріалу, або встановленням демпферів, зокрема систем інерційного демпфування.

Інерційний демпфер (Tuned Mass Damper) – інерційний гаситель, який є одним із пристроїв вібраційного контролю, застосовуваний для стабілізації

будівлі та зменшення амплітуди його коливань під час підземних поштовхів. Він являє собою масивний бетонний блок, встановлений на висотній споруді, який коливається з резонансною частотою даного об'єкта за допомогою спеціального пружиноподібного механізму під сейсмічним навантаженням [1].

Властивість інерції використовується для зменшення коливань: коли верхня частина будівлі починає рухатись, масивний шар здійснює коливання, мов маятник. Таким чином, при відхиленні будівлі в один бік, маятник рухається в протилежний, що дозволяє загасити коливання об'єкта. Розглянемо конструктивну схему та принцип дії інерційних демпферів. На рис. 1 наведена система з двома масами та двома ступенями вільності [2].

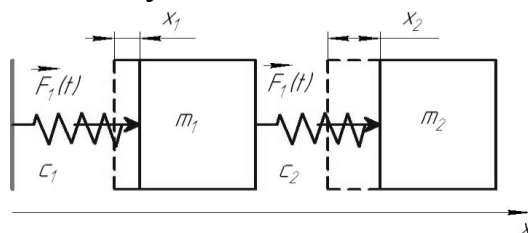


Рис.1. Система з двома масами та двома ступенями вільності [2]

Рівняння руху для мас m_1 та m_2 :

$$\begin{aligned} m_1 \ddot{x}_1 &= \sum F_{i1} = F_1 \sin \omega t - c_1 x_1 + c_2 (x_2 - x_1) \\ m_2 \ddot{x}_2 &= \sum F_{i2} = F_2 \sin \omega t - c_2 (x_2 - x_1) \end{aligned} \quad (1)$$

або:

$$\begin{aligned} m_1 \ddot{x}_1 + c_1 x_1 - c_2 (x_2 - x_1) &= F_1 \sin \omega t; \\ m_2 \ddot{x}_2 + c_2 (x_2 - x_1) &= F_2 \sin \omega t, \end{aligned} \quad (2)$$

Приймаючи $x_1 = A_1 \sin \omega t$ та $x_2 = A_2 \sin \omega t$, отримуємо:

$$\begin{aligned} -m_1 A_1 \omega^2 + c_1 A_1 - c_2 (A_2 - A_1) &= F_1; \\ -m_2 A_2 \omega^2 + c_2 (A_2 - A_1) &= F_2 \end{aligned} \quad (3)$$

Вирішивши цю систему відносно амплітуд A_1 та A_2 отримуємо:

$$\begin{aligned} A_1 &= \frac{F_1 (c_2 - m_2 \omega^2) + F_2 c_2}{(c_1 + c_2 - m_1 \omega^2)(c_2 - m_2 \omega^2) - c_2^2}; \\ A_2 &= \frac{F_1 c_2 + F_2 (c_1 + c_2 - m_1 \omega^2)}{(c_1 + c_2 - m_1 \omega^2)(c_2 - m_2 \omega^2) - c_2^2}. \end{aligned} \quad (4)$$

При резонансі, коли частота ω співпадає з будь-якою з двох власних частот ω_{01} або ω_{02} , значення будь-якої з двох амплітуд A_1 або A_2 прямує до нескінченності, що можливо, якщо спільний знаменник виразу (4) дорівнюватиме 0, тобто:

$$(c_1 + c_2 - m_1 \omega^2)(c_2 - m_2 \omega^2) - c_2^2 = 0, \quad (5)$$

Якщо змінити ω на ω_0 , отримаємо рівняння для частоти власних коливань:

$$\omega_0^4 - \left(\frac{c_1 + c_2}{m_1} + \frac{c_2}{m_2} \right) \omega_0^2 + \frac{c_1 c_2}{m_1 m_2} = 0. \quad (6)$$

Система (4) при $\omega = 0$ дає значення статичного відхилення мас m_1 та m_2 при дії сил F_1 та F_2 :

$$A_1 = \frac{F_1 + F_2}{c_1};$$

$$A_2 = \frac{F_1 + F_2}{c_1} + \frac{F_2}{c_2}. \quad (7)$$

Система (4) при $\omega \neq 0$ та $F_2 = 0$ отримує наступний вигляд:

$$A_1 = \frac{F_1(c_2 - m_2\omega^2)}{(c_1 + c_2 - m_1\omega^2)(c_2 - m_2\omega^2) - c_2^2};$$

$$A_2 = \frac{F_1c_2}{(c_1 + c_2 - m_1\omega^2)(c_2 - m_2\omega^2) - c_2^2}. \quad (8)$$

Для того, щоб амплітуда коливання першої маси дорівнювала нулеві, необхідно виконання умови:

$$c_2 - m_2\omega^2 = 0. \quad (9)$$

При цьому отримаємо:

$$A_2 = -F_1/c_2. \quad (10)$$

Таким чином, при дії на першу масу сили $F_2 = 0$, вона залишається нерухомою ($A_1 = 0$). Цей ефект називають ефектом антирезонансу. Саме він використовується при проектуванні інерційних демпферів.

Отже, конструктивний елемент, що може бути представлений у вигляді зосередженої маси m_1 , випробовує дію зовнішньої періодичної сили $F\sin\omega t$ (рис. 2, а). Для гасіння коливань маси m_1 необхідно приєднати до неї додаткову масу m_2 на пружному зв'язку c_2 , підпорядкувавши параметри додаткової системи умові (9). Тоді коливання основної маси m_1 зникнуть, а додаткова маса m_2 коливатиметься з амплітудою $A_2 = -F/c_2$, (рис.2, б). Для виключення можливості виникнення значних амплітуд коливань додаткової маси в систему вводять демпфуючий елемент паралельно пружному зв'язку (рис.2, в). Цей елемент розсіює енергію, яка виникає при коливанні мас.

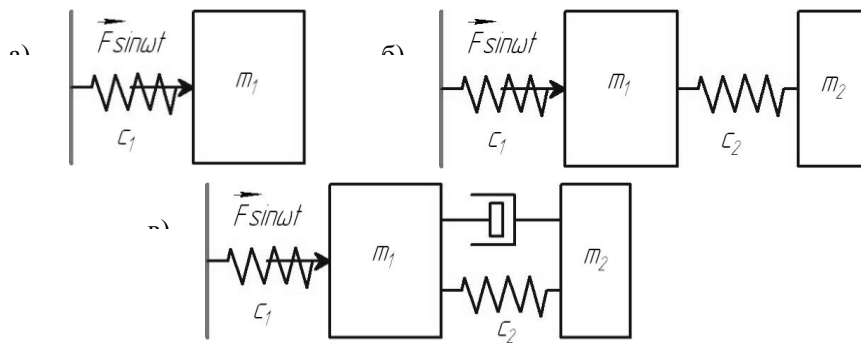


Рис.2. Принцип конструювання інерційного демпфера [2].

Проведений аналіз систем інерційного демпфування дозволяє зробити деякі висновки:

- Використання вищезазначених систем є ефективним способом зменшення амплітуди коливання будівлі при землетрусі, різноманітних вібраційних, динамічних та вітрових навантаженнях.

- Системи дають можливість здійснювати сейсмосахист будівель без підвищення жорсткості конструкцій та площі їх поперечного перерізу.
- Системи інерційного демпфування не залежать від зовнішніх джерел енергії.
- Проектування кожної системи інерційного демпфування індивідуальне для різних будівель, що є суттєвим недоліком та обмежує їх масове застосування.

Література:

1.Електронний ресурс. Режим доступу: http://en.wikipedia.org/wiki/Tuned_mass_damper

2.Вибрации в технике: Справочник. В 6-ти т./Ред. совет: В. Н. Челомей (пред.). —М.: Машиностроение, 1981. — Т. 6. Защита от вибрации и ударов/Под ред. К. В. Фролова. 1981, 456 с, ил.

УДК 622.3:622.232.72

О.О., Вусик, А.М. Пижик, канд. техн. наук, доц.

(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

СУЧАСНИЙ СТАН РОЗРОБКИ ГІРСЬКИХ ПОРІД КАР'ЄРНИМИ КОМБАЙНАМИ ПОШАРОВОГО ФРЕЗЕРУВАННЯ

Виконано аналіз принципів організаційно-технічного оснащення процесу розробки напівскельних і скельних гірських порід фрезерними комбайнами на основі застосування безвибухової технології пошарового фрезерування масиву гірських порід. Пропонується виконати удосконалення технологічної схеми роботи сучасного виймально-навантажувального обладнання для її застосування на гірничовидобувних підприємствах.

Гірничовидобувне виробництво потребує підвищення своєї конкурентоспроможності, що можливе при підвищенні ефективності ведення відкритої розробки і зменшенні собівартості видобутку залізорудної сировини. Перехід на безвибухову технологію розробки напівскельних і скельних гірських порід відкриває нові можливості здійснення розробки залізорудних покладів, а саме:

- створення безпечних умов ведення розробки в умовах досягнення значної глибини кар'єру;
- покращення екологічної ситуації гірничовидобувних підприємств;
- зниження енерговитрат і підвищення продуктивності гірничого обладнання;
- покращення техніко-економічних показників роботи кар'єру;
- досягнення інших суттєвих результаті пов'язаних з відсутністю буро-підривних робіт.

Аналіз тенденції подальшого удосконалення і покращення технології виконання буро-підривних робіт свідчить про, що вона повинна передати свої лідируючі позиції іншим технологіям ведення гірничих робіт, а саме безвибуховій технології розробки родовищ корисних копалин із застосуванням фрезерних комбайнів.

Збільшення глибини розробки кар'єрів ускладнює небезпечністю проведення буро-підричних робіт, через відсутність забезпечення достатньої стійкості укосів бортів кар'єрів.

В складних умовах роботи гірничовидобувних підприємств потрібно вирішити задачу, щодо впровадження безвибухової технології розробки порід. З урахуванням встановлених закономірностей формування параметрів елементів діючої системи розробки порід та закономірностей технічного прогресу розвитку гірничотранспортного обладнання і удосконалення технології ведення відкритих гірничих робіт.

За результатами досліджень науковців витрати на буро-підричні роботи на сьогоднішній час досягають 40÷50 % від загальних витрат на розробку залізорудної сировини, а також має тенденцію зростання у зв'язку зі збільшенням глибини відпрацювання залізорудного покладу. Виходячи з цього виникає необхідність шукати шляхи зменшення вартості виконання буро-підричних робіт, або переходу на безвибухову технологію розробки порід з метою зменшення собівартості видобутку 1 т руди.

Безвибухова технологія пошарового фрезерування порід кар'єрними комбайнами, дозволяє поєднати в одному технологічному циклі підготовку гірських порід до виймання і виймально-навантажувальні роботи в просторі і часі.

Доцільність застосування технології пошарового фрезерування пояснюється значним зниженням експлуатаційних витрат у порівнянні з варіантом, коли проводяться буро-підричні роботи.

Застосування комбайнового способу розробки порід на залізорудних кар'єрах по даним закордонної практики, знижує експлуатаційні витрати в декілька разів у порівнянні з традиційним способом розробки породного масиву. При цьому підвищується ефективність розробки кар'єру та покращуються умови праці з підвищенням продуктивності праці.

Технологія пошарового фрезерування потребує оптимізації параметрів елементів системи розробки на всіх стадіях відпрацювання крутоспадного родовища. Подальше дослідження в цьому важливому напрямку потребує обґрунтування теоретичних основ вибору сучасного виймально-навантажувального обладнання, врахування екологічних наслідків застосування різних видів гірничотранспортного обладнання, розробки методів введення в критерій оцінки порівняльної ефективності варіантів розробки порід фрезерними комбайнами.

Вирішення наведених вище задач дозволить зменшити витрати на ведення відкритої розробки родовищ корисних копалин при досягненні значних глибин розробки кар'єрів. В свою чергу виникнуть нові можливості розширення ефективних меж ведення відкритих гірничих робіт з можливістю стабілізувати свою ситуацію на міжнародному ринку.

Удосконалення технологічних схем ведення розробки породного масиву комбайнами пошарового фрезерування тісно пов'язане з підвищенням ефективності роботи технологічних процесів і впровадження комплексу нових методів і засобів безвибухової технології пошарового фрезерування

напівскельних і скельних гірських порід. А також невід'ємною складовою є оптимізація параметрів технологічних процесів і зведення до мінімуму витрат на ведення відкритої розробки родовищ з підвищенням інтенсифікації виконання гірничих робіт в просторі і часі.

Застосування безвибухової технології пошарового фрезерування в умовах збільшення глибини розробки кар'єру, враховуючи практичний досвід, свідчить про досягнення високої концентрації гірничого виробництва, отримання кращих показників використання гірничотранспортного обладнання, забезпечення більш вищої ступені автоматизації технологічних процесів, скорочення витрат на ведення гірничих робіт, отримання значно вищих техніко-економічних показників роботи гірничовидобувного підприємства, зменшення шкідливого впливу на навколишнє середовище.

УДК 514.742:531.1

А.С. Чумак, О.А.Гулівець, канд. техн. наук,доц., С.Ю.Олійник, викладач
(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

ВЕКТОРНИЙ МЕТОД ДИФЕРЕНЦІЮВАННЯ ВЕКТОРНИХ ФУНКЦІЙ СКАЛЯРНОГО АРГУМЕНТА ПРИ ВИРІШЕННІ КІНЕМАТИЧНИХ ЗАДАЧ

В теоретичній механіці – науці про механічний рух та взаємодію матеріальних тіл розглядаються фізичні величини, які повністю визначаються їх числовим значенням і які називаються скалярними величинами, та фізичні величини, які визначаються числовим значенням та напрямом в просторі і які називаються векторними величинами. Змінні векторні фізичні величини, які є функціями скалярних величин називаються векторними функціями скалярного аргумента або вектор-функціями.

В ряді досліджень над векторними величинами проводяться ряд математичних операцій: знаходження їх суми, векторного та скалярного їх добутку, добутку векторних величин на скалярну, диференціювання та інтегрування.

Як відомо є два методи проведення математичних операцій над векторними величинами: векторний (безкоординатний) – оперують безпосередньо з векторами, не зв'язуючи їх з певними системами координат, та координатний – операції проводяться над скалярними величинами, які аналітично визначають вектор в деякій системі координат.

Векторний метод є більш компактним в порівнянні з координатним і застосовується переважно при проведенні теоретичних досліджень.

В сучасних умовах вищої школи, коли стрімко зменшується кількість часу на аудиторне навчання, при вивченні теоретичної механіки постає необхідність застосовувати такі методи проведення математичних операцій над векторними величинами, які б переконливо з малими затратами часу дозволяли виконувати доведення тих чи інших теоретичних положень з даної дисципліни.

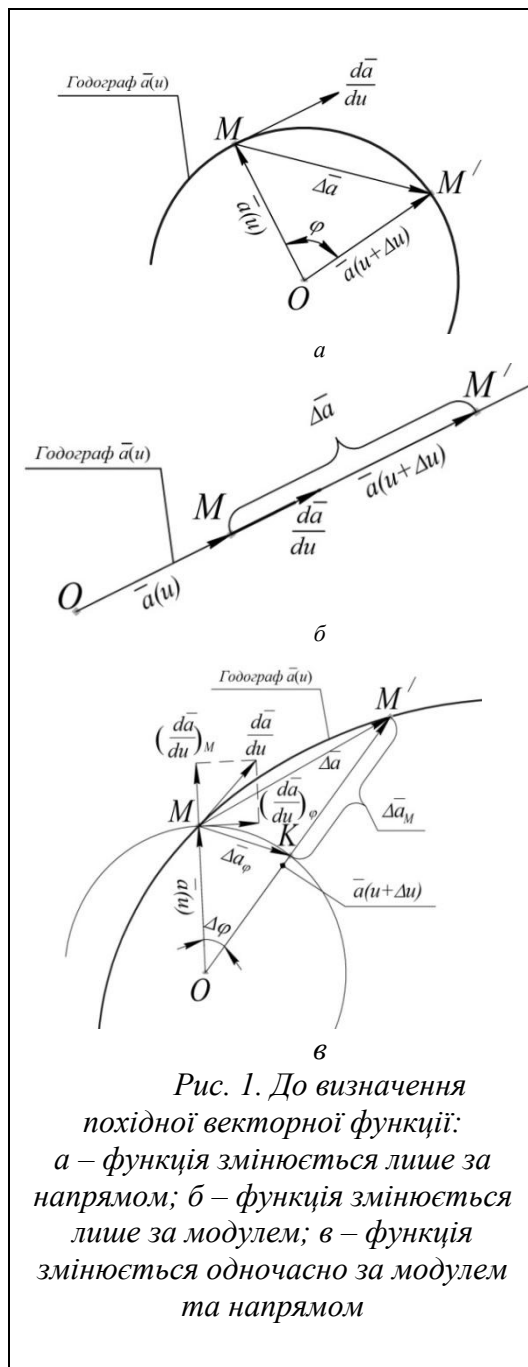
Аналіз літературних джерел з вищої математики та теоретичної механіки установлено, що при диференціюванні векторних функцій скалярного аргументу застосовуються в основному координатний метод. Тому розробка векторного методу диференціювання векторних функцій скалярного аргумента, який був би наочно переконливим у навчальному процесі є актуальною задачею.

Так як при дослідженнях кінематики та динаміки механічних явищ виникає необхідність диференціювати певні векторні функції скалярного аргумента (часу, дуги та ін.), які можуть бути різними за фізичним змістом, то спочатку введемо поняття похідної довільної векторної функції скалярного аргумента не надаючи їй конкретного фізичного змісту.

Нехай деяке механічне явище характеризується в певній системі відліку деякою безперервною векторною функцією \vec{a} і скалярного аргумента u .

Розглянемо три частинні випадки змінювання векторної функції при змінюванні аргумента:

- 1) функція змінюється лише за напрямом (рис. 1а);
- 2) функція змінюється лише за модулем (величиною) (рис. 1б);
- 4) функція змінюється одночасно за напрямом та модулем (рис. 1в).



Лінія, яку окреслює при безперервному змінюванні скалярного аргумента u кінець вектора \vec{a} і, початок якого знаходиться в деякій фіксованій точці простору, називається годографом векторної функції \vec{a} і u . Як видно з рис. 1, при змінюванні векторної функції лише за напрямом годографом \vec{a} і u буде дуга кола радіуса a . Якщо ж векторна функція буде змінюватись лише за модулем, то годографом вектора \vec{a} і u буде пряма лінія, яка бере початок у фіксованій точці. При одночасному змінюванні векторної функції за напрямом та модулем годографом вектора \vec{a} і u буде крива або пряма лінія, що не проходить через фіксовану точку простору.

Нехай в усіх трьох випадках деякому значенню аргумента u відповідає

точка M годографа функції $\vec{a}(u)$, положення якої відносно фіксованої точки простору O буде визначати радіус-вектор $\vec{a}(u)$, а після приросту аргумента на величину Δu значення функції буде $\vec{a}(u + \Delta u)$, якому відповідає точка M' , положення якої визначається радіусом-вектором $\vec{a}(u + \Delta u)$.

Тоді приріст векторної функції $\vec{a}(u)$, що відповідає приросту скалярного аргумента Δu визначиться різницею

$$\Delta \vec{a} = \vec{a}(u + \Delta u) - \vec{a}(u).$$

Як відомо з вищої математики, похідною першого порядку векторної функції $\vec{a}(u)$ називається змінний вектор, який визначається рівністю

$$\frac{d\vec{a}}{du}(u) = \lim_{\Delta u \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{a}}{\Delta u} = \lim_{\Delta u \rightarrow 0} \frac{\vec{a}(u + \Delta u) - \vec{a}(u)}{\Delta u}, \quad (1)$$

якщо границя в правій частині цієї рівності існує.

Розглянемо визначення похідної векторної функції, яка змінюється при зміні скалярного аргумента лише за напрямом (див. рис. 1а).

У цьому випадку вектор приросту функції $\Delta \vec{a}(u)$, який спрямований по січній MM' , при $\Delta u \rightarrow 0$, гранично буде спрямований по дотичній до годографа векторної функції $\vec{a}(u)$ в точці M .

Отже вектор похідної $\frac{d\vec{a}}{du}$, що визначається згідно з рівнянням (1), характеризує швидкість змінювання вектора $\vec{a}(u)$ при змінюванні аргумента u і буде спрямованим по дотичній до годографа функції в бік зростання аргумента. А так як модуль $|\vec{a}(u)| = \text{const}$, то вектор $\frac{d\vec{a}}{du}$ буде перпендикулярним векторові $\vec{a}(u)$.

Модуль векторної функції скалярного аргумента u випадку, що розглядається є сталою величиною $|\vec{a}(u)| = a$, тому трикутник MOM' (див. рис. 1а) є рівнобедреним, в якому кут $\Delta \varphi$ характеризує поворот вектора $\vec{a}(u)$, що відповідає зміні аргумента Δu . З трикутника MOM' модуль приросту векторної функції визначається з рівняння

$$|\Delta \vec{a}| = MM' = 2a \sin \frac{\Delta \varphi}{2}.$$

Тоді модуль похідної векторної функції $a(u)$ визначається згідно з рівнянням

$$\left| \frac{d\vec{a}}{du}(u) \right| = \lim_{\Delta u \rightarrow 0} \frac{|\Delta \vec{a}|}{\Delta u} = \lim_{\Delta u \rightarrow 0} \frac{2a \sin \frac{\Delta \varphi}{2}}{\Delta u}. \quad (2)$$

Помножимо чисельник і знаменник правої частини рівняння (2) на $\frac{\Delta \varphi}{2}$ і одержимо

$$\left| \frac{d\vec{a}_u}{du} \right| = \lim_{\Delta u \rightarrow 0} \frac{2a \sin \frac{\Delta \varphi}{2} \cdot \frac{\Delta \varphi}{2}}{\Delta u \cdot \frac{\Delta \varphi}{2}} = \lim_{\Delta u \rightarrow 0} \frac{a \Delta \varphi \sin \frac{\Delta \varphi}{2}}{\Delta u \cdot \frac{\Delta \varphi}{2}}.$$

Прийнявши до уваги, що при $\Delta u \rightarrow 0$ кут $\Delta \varphi \rightarrow 0$, а $\lim_{\Delta \varphi \rightarrow 0} \frac{\sin \frac{\Delta \varphi}{2}}{\frac{\Delta \varphi}{2}} = 1$,

одержимо

$$\left| \frac{d\vec{a}_u}{du} \right| = a \cdot \lim_{\Delta u \rightarrow 0} \frac{\Delta \varphi}{\Delta u} = a \cdot \omega, \quad (3)$$

де ω – модуль вектора кутової швидкості повертання вектора \vec{a}_u навколо осі, що проходить через фіксовану точку O простору внаслідок зміни величини аргумента u .

Вектор кутової швидкості $\vec{\omega}$ спрямований вздовж осі, яка проходить через фіксовану точку O простору, перпендикулярний площині, в якій відбувається зміна напрямку вектора \vec{a}_u , і спрямований в той бік, звідки, якщо дивитись назустріч цьому векторові, будемо спостерігати повертання вектора \vec{a}_u внаслідок змінювання аргумента u проти руху годинникової стрілки. Отже, кут між вектором $\vec{\omega}$ та вектором \vec{a}_u дорівнює 90° . Тоді права частина рівняння (3) є модулем векторного добутку

$$|\vec{\omega} \times \vec{a}_u| = \omega \cdot a \cdot \sin 90^\circ = \omega \cdot a.$$

Звідси висновок: вектор похідної векторної функції \vec{a}_u , яка змінюється лише за напрямом, по скалярному аргументу визначається рівністю

$$\frac{d\vec{a}_u}{du} = \vec{\omega} \times \vec{a}_u. \quad (4)$$

Отже, похідна векторної функції скалярного аргумента, яка змінюється за напрямом і є сталою за модулем, по скалярному аргументу є вектор, який дорівнює векторному добутку вектора кутової швидкості повертання вектора функції \vec{a}_u при змінюванні скалярного аргумента u на векторну функцію \vec{a}_u .

У випадку, коли вектор функції змінюється лише за модулем і є сталим за напрямом (див. рис. 1б), годографом функції \vec{a}_u є пряма лінія, що проходить через фіксовану точку O . Вздовж годографа функції в бік зростання аргумента буде спрямований вектор приросту функції $\Delta \vec{a}_u$. Вектор похідної векторної функції, яка змінюється лише за модулем, визначається згідно з рівнянням (1) і є спрямованим вздовж годографа векторної функції \vec{a}_u в бік зростання аргумента.

Модуль похідної векторної функції в даному випадку дорівнює

$$\left| \frac{d\vec{a}_u}{du} \right| = \frac{da_u}{du}.$$

У випадку, коли векторна функція скалярного аргумента одночасно змінюється за модулем і напрямом, годографом такої функції може бути випукла

або угнута відносно фіксованої точки крива лінія або пряма лінія, що не проходить через фіксовану точку простору.

Розглянемо випадок, коли годографом векторної функції є випукла крива (див. рис. 1в).

Нехай точка M годографа функції $\bar{a} u$ відповідає деякому значенню аргумента u , а точка M' годографа значенню аргумента $u+\Delta u$. Нехай при цьому приріст аргумента $\Delta u > 0$. Приріст $\Delta \bar{a} u$ вектора функції $\bar{a} u$ буде спрямований вздовж січної MM' в бік зростання аргумента.

Як видно з рис. 1в, приріст $\Delta \bar{a} u$ може бути представлений геометричною сумою приросту векторної функції при її змінюванні лише за напрямом при сталому модулі $\Delta \bar{a} u_{\varphi}$ та приросту векторної функції при її змінюванні лише за модулем при сталому напрямі $\Delta \bar{a} u_M$

$$\Delta \bar{a} u = \Delta \bar{a} u_{\varphi} + \Delta \bar{a} u_M. \quad (5)$$

Тоді згідно з рівняннями (1) і (5) похідна векторної функції по скалярному аргументу прийме вигляд

$$\frac{d\bar{a} u}{du} = \lim_{\Delta u \rightarrow 0} \frac{\Delta \bar{a} u}{\Delta u} = \lim_{\Delta u \rightarrow 0} \frac{\Delta \bar{a} u_{\varphi}}{\Delta u} + \lim_{\Delta u \rightarrow 0} \frac{\Delta \bar{a} u_M}{\Delta u}.$$

Звідси наслідок

$$\frac{d\bar{a} u}{du} = \frac{d\bar{a} u_{\varphi}}{du} + \frac{d\bar{a} u_M}{du}. \quad (6)$$

Отже, в загальному випадку, коли вектор функції скалярного аргумента одночасно змінюється за напрямом та величиною, вектор її похідної по скалярному аргументу $\frac{d\bar{a} u}{du}$ є геометричною сумою вектора похідної цієї функції

при її змінюванні лише за напрямом при сталому модулі $\frac{d\bar{a} u_{\varphi}}{du}$ і вектора похідної цієї функції при її змінюванні лише за модулем та сталому напрямі $\frac{d\bar{a} u_M}{du}$.

Вектор $\frac{d\bar{a} u}{du}$ характеризує швидкість змінювання за модулем та напрямом вектора функції $\bar{a} u$ спрямований по дотичній до годографа в бік, що відповідає зростанню аргумента.

Вектор $\frac{d\bar{a} u_{\varphi}}{du}$ характеризує швидкість змінювання напрямку вектора векторної функції $\bar{a} u$ при незмінному модулі і спрямований по дотичній до годографа функції, що змінюється лише за напрямом, в бік, що відповідає зростанню аргумента.

Вектор $\frac{d\bar{a} u_M}{du}$ характеризує швидкість змінювання модуля вектора векторної функції $\bar{a} u$ при сталому напрямі і спрямований вздовж вектора

векторної функції в напрямі його зростання.

Підставивши значення похідної векторної функції по скалярному аргументу при змінюванні її вектора лише за напрямом при незмінному модулі (4) в рівняння (6) одержимо

$$\frac{d\bar{a}}{du} u = \bar{\omega} \times \bar{a} u + \frac{d\bar{a}}{du} u_M. \quad (7)$$

Розглянемо більш складний випадок диференціювання векторних функцій скалярного аргумента.

Нехай в деякій точці простору відбувається механічне явище, яке характеризується деякою векторною функцією $\bar{a} u$ і яке фіксується в двох системах відліку: в рухомій системі, де це явище відбувається безпосередньо, яку будемо називати відносною і в системі, яку приймаємо за нерухому і відносно якої здійснює рух рухома.

Швидкість змінювання векторної функції $\bar{a} u$ відносно рухомої системи відліку будемо називати відносною похідною і позначати $\left(\frac{d\bar{a}}{du} u\right)_r$, а відносно нерухомої системи відліку будемо називати абсолютною похідною векторної функції по скалярному аргументу і позначати $\left(\frac{d\bar{a}}{du} u\right)_a$. Установимо залежність між абсолютною та відносною похідними векторної функції скалярного аргумента.

Швидкість змінювання векторної функції відносно рухомої системи відліку не залежить від руху цієї системи відліку відносно нерухомої. Отже відносна похідна векторної функції по скалярному аргументу згідно з рівнянням (7) буде мати вигляд

$$\left(\frac{d\bar{a}}{du} u\right)_r = \bar{\omega} \times \bar{a} u + \frac{d\bar{a}}{du} u_M, \quad (8)$$

де $\bar{\omega}_r$ – вектор кутової швидкості повертання вектора функції $\bar{a} u$ у відносній (рухомій) системі відліку.

Розглянемо тепер абсолютну похідну векторної функції $\bar{a} u$. Враховуючи, що на величину модуля векторної функції $\bar{a} u$ зміна положення рухомої системи відліку відносно нерухомої не впливає, а на величину змінювання напрямку даної векторної функції додатково вплине лише кутова швидкість обертання тіла відліку рухомої системи і враховуючи (8) запишемо похідну векторної функції $\bar{a} u$ відносно нерухомої системи відліку

$$\left(\frac{d\bar{a}}{du} u\right)_a = \bar{\omega}_r \times \bar{a} u + \frac{d\bar{a}}{du} u_M + \bar{\omega}_e \times \bar{a} u, \quad (9)$$

де $\bar{\omega}_e$ – вектор кутової швидкості обертання тіла відліку рухомої системи відносно миттєвої осі, що проходить через початок відліку рухомої системи.

Тоді рівняння (9), яке виражає абсолютну похідну векторної функції по скалярному аргументу, враховуючи рівняння (8), прийме вигляд

$$\left(\frac{d\bar{a}}{du} u \right)_a = \left(\frac{d\bar{a}}{du} u \right)_r + \bar{\omega}_e \times \bar{a} u . \quad (10)$$

Таким чином, векторним методом одержана формула Бура, з якої випливає, що абсолютна похідна векторної функції скалярного аргумента дорівнює векторній сумі відносної похідної цієї функції та векторного добутку кутової швидкості обертання рухомої системи відліку (тіла відліку) на вектор, який диференціюють.

Якщо фізичне явище, яке характеризується деякою векторною функцією $\bar{a} u$ і яке фіксується крім нерухомої в декількох рухомих системах відліку, які матимуть свої тіла відліку, кожне з яких буде мати свій вектор кутової швидкості обертання відносно своєї миттєвої осі $\bar{\omega}_{ei}$, то абсолютна похідна векторної функції $\bar{a} u$ прийме вигляд

$$\left(\frac{d\bar{a}}{du} u \right)_a = \left(\frac{d\bar{a}}{du} u \right)_r + \sum_{i=1}^n \bar{\omega}_{ei} \times \bar{a} u . \quad (11)$$

Висновки та напрямок подальших досліджень. На основі аналізу властивостей векторних функцій скалярного аргумента їх годографів і математичних операцій над векторними функціями розроблено векторний метод їх диференціювання (7, 11), який має ряд переваг в порівнянні з координатним.

Розроблений метод є наочно переконливим і доцільним для використання в навчальному процесі при вивченні дисципліни «Теоретична механіка».

УДК [622.232.72:621.914]:622.271

О.О.Вусик, А.М. Пижик, канд.техн.наук.,доц.

(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

ОБҐРУНТУВАННЯ МОЖЛИВОСТІ РОБОТИ ФРЕЗЕРНИХ КОМБАЙНІВ ПРИ ПЕРЕОЗБРОЄННІ ЗАЛІЗОРУДНИХ КАР'ЄРІВ

Приведена постановка проблеми пов'язаної з технологічним і технічним переоснащенням залізрудних кар'єрів на основі застосування безвибухового способу розробки напівскельних і скельних гірських порід гірничими комбайнами фрезерного типу. Обґрунтування доцільності використання комбайнів пошарового фрезерування в технологічних процесах сучасного гірничовидобувного виробництва, виконується на основі аналізу показників їх роботи.

Вирішення проблеми удосконалення організації технологічних процесів на гірничовидобувних підприємствах можливе при застосуванні нових методів організації і технологій ведення гірничих робіт.

На сьогоднішній час одним із перспективних та реальних напрямків підвищення ефективності гірничих робіт являється застосування в кар'єрах такої технології, як пошарове фрезерування порід гірських порід значної міцності. Слід зазначити, що при застосуванні комбайнів пошарового фрезерування не виникає

необхідності додатково розносити борти кар'єру при веденні розробки гірських порід, тому що для них є оптимальними параметри елементів діючої системи розробки покладу. Відомо, що додаткове рознесення бортів кар'єру являється достатньо проблематичним і затратним при розробці крутоспадних родовищ корисних копалин.

Ефективність ведення відкритих гірничих робіт із застосуванням гірничих комбайнів фрезерного типу визначається параметрами системи розробки родовища і залежить від багатьох експлуатаційних факторів, котрі можна проаналізувати і оцінити.

У зв'язку з цим виникає необхідність вирішення актуальної проблеми, пов'язаної з оцінкою впливу експлуатаційно-технічних характеристик кар'єрних фрезерних комбайнів на параметри системи розробки для їх оптимальної адаптації, шляхом удосконалення технології пошарового фрезерування порід для підвищення ефективності відкритої розробки.

Робота присвячена питанню технологічного і технічного переоснащення залізрудних кар'єрів з врахуванням комплексної координації всіх основних і допоміжних виробничих і технологічних процесів.

Виконане дослідження в цьому напрямку, дозволяє встановити вплив різних витрат пов'язаних з організацією гірничих робіт і гірничотехнічними умовами експлуатації виймально-навантажувального обладнання на собівартість видобутку залізрудної сировини. Шляхом встановлення і редагування раціональних параметрів роботи фрезерного комбайна, змінюються техніко-економічні показники його роботи, так при збільшенні продуктивності комбайна пошарового фрезерування відбувається збільшення економічної ефективності розробки гірських порід.

На основі окремих теоретичних розробок і практичних результатів виникають передумови для створення науково обґрунтованої безвибухової технології ведення відкритої розробки залізрудних покладів із врахуванням технічного переозброєння.

Загальний принцип переозброєння кар'єрів при відпрацюванні залізрудних покладів формується на основі застосування технології пошарового фрезерування гірських порід, як заміна буро-підривного способу підготовки порід до виймання. В залежності від об'єму знеміцнених порід комбайновим способом, необхідного для забезпечення нормальної роботи інших технологічних процесів, параметри елементів системи розробки можуть залишатися незмінними, або поступово змінюватися в залежності від інтенсивності гірничих робіт.

Технологія пошарового фрезерування може застосовуватись при розробці напівскельних і скельних гірських порід. Із зменшенням міцності гірських порід покращуються показники комбайнового способу розробки порід, але в той же час зі збільшенням міцності порід підвищується стійкість бортів кар'єру з можливістю збільшувати кути відкосу бортів кар'єру. Напівскельні і скельні гірські породи відпрацьовуються достатньо ефективно комбайнами пошарового фрезерування при умові їх роботи з оптимальними параметрами.

Технологічне і технічне переозброєння гірничовидобувних підприємств з позиції методології управління проектами ділиться на доінвестиційний, інвестиційний і експлуатаційний періоди. Доінвестиційний період враховує аналіз інвестиційних можливостей, розробку стратегії інвестування, техніко-економічне обґрунтування. Інвестиційний період потребує складання проектної документації з визначеними термінами виконання кожного етапу проекту, виконання матеріально-технічного і енергетичного забезпечення гірничовидобувного виробництва. В експлуатаційний період здійснюється власне безвибухова розробка гірських порід фрезерними комбайнами із забезпеченням безпечного функціонування гірничотранспортного обладнання.

Питання, щодо доцільності інвестицій особливо гостро постає при виконанні модернізації кар'єру або переході на безвибухову технологію розробки родовищ корисних копалин.

При здійсненні розширення або поглиблення залізрудних кар'єрів, технологія пошарового фрезерування порід дозволить з урахуванням витрат на енергоносії підвищити ефективність відкритої розробки.

Перехід на безвибуховий спосіб розробки напівскельних і скельних гірських порід на різних ГЗКах при різних гірничотехнічних умовах ведення гірничих робіт, дозволить переглянути кінцеву глибину економічно доцільного ведення відкритої розробки родовища у відповідності до поставлених задач і умов роботи кар'єрів.

УДК 624.042.7

К.М.Романенко, канд. техн. наук, доц.

(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВІДНОВЛЕННЯ ДО ПРОЕКТНИХ ПАРАМЕТРІВ ПОПЕРЕЧНОЇ РАМИ ПРОМИСЛОВОЇ СПОРУДИ ПРИ СЕЙСМІЧНИХ НАВАНТАЖЕННЯХ

Як ми знаємо, землетруси - це одні з найбільш масштабних природних катастроф, що призводять до значних людських втрат і викликають спустошливі руйнування на величезних просторах.

Згідно статистики, кількість землетрусів на планеті щорічно зростає. Між тим відомо, що більшість людських жертв виникає не за рахунок самого землетрусу, а за рахунок руйнування будівель та споруд.

Сейсмічна небезпека багатьох районів України пов'язана з техногенним впливом виробничих процесів в різних регіонах країни, обумовлених розробкою родовищ корисних копалин. Поява тисяч свердловин, шахт, кар'єрів сприяла значному зниженню сейсмостійкості ґрунтів і гірських порід майже на 70% території України, особливо на Криворіжжі та на Прикарпатті, а на ослаблених ґрунтах навіть при 6 балах можуть відбутися великі руйнування (відомо, що техногенні фактори можуть підсилити землетрус на 1-1,5 бала за шкалою

Ріхтера). Тому перед будівною галуззю надзвичайно актуальним постає питання сейсмосахисту будівель та споруд.

Щодо Криворізького залізорудного басейну, то тут актуальні техногенні впливи, обумовлені розробкою родовищ корисних копалин - адже місто Кривий Ріг є промисловим центром Дніпропетровської області і його основними об'єктами є гірничо-збагачувальні комбінати. На цих підприємствах багато будівель та споруд, що мають довжину, яка перевищує 30м. В основному цими спорудами є цехи та склади.

Оскільки основні гірничо-збагачувальні комбінати Криворізького залізорудного басейну були спроектовані та побудовані в період з 1938 по 1970 рік, то вони були розраховані за старими будівельними нормами та вже не відповідають вимогам ДБН 2014 року. В цих нормах, у порівнянні з попередніми, відбулися деякі зміни: по-перше - значно змінилася розрахункова сейсмічність районів (була підвищена на 1-2 бали), а по-друге – підвищилися вимоги до розрахунків як при визначенні сейсмічних навантажень так і при оцінюванні несучої здатності конструкцій.

Отже, необхідно провести моделювання та розрахунок на сейсмостійкість протяжної в плані споруди, враховуючи підвищення сейсмічності району та її значний фізичний знос.

Об'єктом досліджень є склад концентрату №1, який відноситься до споруд збагачувальної фабрики ІнГЗК.

Технічна документація складу концентрату №1 ІнГЗК була розроблена в 1963 році ГПІ «Приднепровський Промстройпроект» та ГПІ «Днепрпроектстальконструкция». Будівництво складу було здійснено в 1969 році генпідрядною організацією – трестом «Криворожаглострой» при залученні спеціалізованих управлінь тресту «Криворожстальконструкция» та ін.

Вихідними параметрами для проектування складу є данні, отримані за результатами Звіту про науково-дослідну роботу КНУ в 2005 році.

Досліджують поведінку пошкодженої рами при розрахунковому сейсмічному навантаженні 7, 8 та 9 балів.

В результаті розрахунків, отримують переміщення в вузлах рами, внутрішні зусилля та інерційні сили, що виникають при сейсмічних навантаженнях.

Далі моделюють раму без урахування експлуатаційних пошкоджень та проектне розрахункове значення ваги конструкцій приймається таким, що враховує коефіцієнт надійності за навантаженням $\gamma_{fm} = 1,1$. І так само, як в попередньому випадку, досліджують поведінку рами при сейсмічному навантаженні 7, 8 та 9 балів.

В результаті проведеного математичного експерименту, можна зробити наступні висновки:

- переміщення верхнього вузла залізобетонної колони при пошкодженному стані перевищують допустимі значення, якщо розрахункова сейсмічність будівельного майданчика перевищує 7 балів;

- при відновленні колон до проектних параметрів, переміщення верхнього вузла перевищують допустимі значення, при розрахунковій сейсмічності

будівельного майданчика близько 8 балів та якщо сейсмічна дія спрямована вздовж вісі X;

- при розрахунках відновленої до проектних параметрів рами міцність на стиск забезпечено;

- міцність на розтяг, навіть після відновлення, вже при сейсмічності в 7 балів – не забезпечується;

- міцність на згин не забезпечується вже при сейсмічності в 7 балів, навіть після відновлювальних робіт.

Це пов'язано з тим, що проектування складу проводилося 49 років тому. В той час проектування, як правило, велося за старими будівельними нормами, які не відповідають вимогам ДБН 2014 року. В цих нормах, у порівнянні з попередніми, відбулися деякі зміни: по-перше - значно змінилася розрахункова сейсмічність районів (була підвищена на 1-2 бали), а по-друге – підвищилися вимоги до розрахунків як при визначенні сейсмічних навантажень так і при оцінюванні несучої здатності конструкцій.

Виходячи з усього зазначеного вище, відновлення складу концентрату №1 ВАТ «ІнГЗК» до проектних значень недостатнє.

Отже, для районів з сейсмічністю 7, 8 та 9 балів необхідне превентивне підсилення подібних споруд понад проектні значення.

Також, для споруд, довжина яких перевищує 30 м (а розміри складу концентрату в плані 36х192 м), необхідне моделювання просторової схеми. Це питання буде реалізовано в подальших дослідженнях.

УДК 622.3:622.232.72

О.О., Вусик, А.М. Пижик, канд. техн. наук, доц.

(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБКИ МАСИВУ ГІРСЬКИХ ПОРІД КАР'ЄРНИМИ КОМБАЙНАМИ ПОШАРОВОГО ФРЕЗЕРУВАННЯ

Розглянуто ефект від використання гірничих комбайнів для знеміцнення породного масиву в сучасних умовах відкритої розробки родовищ корисних копалин. Проблема негативного впливу буро-підривних робіт на оконтурення масиву в практиці відкритих гірничих робіт вирішується застосуванням безвибухової технології пошарового фрезерування порід, яка дає можливість використовувати різні технологічні прийоми для керування стійкістю відкритих гірничих виробок та підвищити безпечність і ефективність ведення гірничих робіт.

Технологічний процес підготовки гірських порід до виймання потребує значних витрат при веденні відкритої розробки. Останнім часом в закордонній практиці здійснено вагоме наукове обґрунтування в області безвибухової підготовки масиву гірських порід до виймання без виконання буро-підривних робіт. Яка формується на досягнутих результатах науково-дослідних робіт, котрі проводились в умовах провідних компаній, які спеціалізуються на розробці та

виробництві високопродуктивного виймально-навантажувального обладнання для ведення прогресивної розробки родовищ корисних копалин.

Аналіз дослідження в цьому напрямку, свідчить що в практиці ведення відкритих гірничих робіт розширюється застосування механічного способу руйнування масиву гірських порід. Тому, що для діючих гірничовидобувних підприємств характерним є фізично застаріле гірниче обладнання та недосконалі технології і організація ведення відкритої розробки родовищ корисних копалин.

Удосконалення діючого виймально-навантажувального обладнання вичерпало себе і відзначається малою ефективністю. Підвищення продуктивності екскаваторів можливе лише за рахунок збільшення розмірів його конструктивних частин, що в цілому приводить до зростання його розмірів, металоємності, енергоємності та ваги. Збільшення габаритів виймально-навантажувального обладнання призводить до необхідності збільшення параметрів елементів системи розробки для забезпечення нормального його функціонування із необхідною продуктивністю, що негативно впливає на техніко-економічні показники роботи кар'єру.

Здійснення вибору оптимального типу виймально-навантажувального обладнання при відсутності буро-підривних робіт є складною науково-практичною задачею, так як потребує дослідження розробки конкретного родовища корисних копалин, вивчення параметрів елементів системи розробки та вивчення гірничотехнічних і гірничо-геологічних умов ведення гірничих робіт.

Виконання цих задач дозволяє раціонально використовувати кар'єрні комбайни в умовах роботи залізрудних кар'єрів, які при розробці масиву гірських порід значно зменшують експлуатаційні витрати ведення відкритих гірничих робіт і забезпечують безперервну роботу гірничовидобувного підприємства, через відсутність буро-підривних робіт. Розробка напівскельних і скельних гірських порід комбайнами пошарового фрезерування характеризується забезпеченням необхідного рівня подрібнення знеміцнених ними порід і відсутність негабариту.

При безвибуховій технології розробки родовищ корисних копалин з використанням комбайнів пошарового фрезерування породного масиву основним фактором забруднення навколишнього середовища є пиловиділення, яке виникає при здійсненні фрезерування порід робочим органом комбайна і навантаженні системою конвеєрів комбайна в транспортний засіб. Частково зменшується пиловиділення під дією подачі води власною системою водопостачання комбайна. Щоб зменшити виділення пилу при виконанні навантаження порід, потрібно використовувати кожух захисту прикріплений на виході конвеєрної системи комбайна.

Кар'єрні комбайни фрезерного типу в умовах відпрацювання залізрудних покладів, потребують значних розмірів робочої площадки, яка забезпечить досягнення максимальних показників ефективності їх роботи.

Вибір типу виймально-навантажувального обладнання при безвибуховому способі розробки напівскельних і скельних гірських порід в умовах відкритої розробки є достатньо складною задачею, яка полягає в необхідності:

обрати вид кар'єрного комбайна, найбільш підходящий для умов відпрацювання родовища корисних копалин;

вибрати тип і виконати розрахунок потрібної кількості комбайнів;

встановити параметри технологічної схеми раціональної роботи фрезерних комбайнів.

Перехід на безвибуховий спосіб розробки масиву гірських порід обумовлений необхідністю зменшити витрати на відпрацювання залізорудного покладу, підвищити безпечність і продуктивність праці та підвищити конкурентоспроможність гірничовидобувного підприємства.

Отже, розробка гірських порід комбайнами пошарового фрезерування відзначається високою ефективністю застосування на кар'єрах. На основі використання кар'єрних комбайнів фрезерного типу формується безвибухова технологія розробки родовищ корисних копалин, яка потребує вивчення основних факторів впливу на її економічну доцільність використання при розробці залізрудних покладів.

Важливим критерієм визначення доцільності застосування кар'єрних комбайнів пошарового фрезерування у порівнянні з проведенням комплексу буропідричних робіт є витрати на підготовку напівскельних і скельних гірських порід до виймання.

УДК 622.233

М.А.Франузо, В.В.Кучма, канд. тех. наук, доц.

(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

О ЧАСТОТЕ СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ МАЧТЫ СБШ-250 МН

Наиболее вероятной причиной скачкообразного появления интенсивной вибрации при бурении крепких трещиноватых пород на форсированном режиме является вхождение в резонанс колебательной системы рабочего органа станка.

В резонанс может входить сам буровой став, представляющий собой вращающийся упругий стрежень с распределенной массой. При вращении на него действует периодическая вынуждающая сила, обусловленная дебалансом трубных заготовок штанг. Разностенность труб может достигать 12,5%. Под действием центробежных сил став штанг совершает вынужденные поперечные колебания с частотой равной частоте вращения. Установлено, что став, составленный из штанг наиболее распространенных сечений 219х50; 219х30; 203х50 и др. при длине $L \geq 16$ м имеет частоты собственных колебаний равные частоте вращения и как следствие – возможный резонанс. Рассмотрено ранее также влияние на частоту собственных колебаний става таких факторов как усилие подачи и наличие сосредоточенной массы на верхнем его конце (вращатель). На возникновение резонанса става могут влиять другие факторы. В частности, не исследовано влияние частоты собственных поперечных колебаний мачты станка.

Будем рассматривать ее как стержень постоянного сечения, опирающийся шарнирно на машинное отделение и на гидроцилиндр завала мачты.

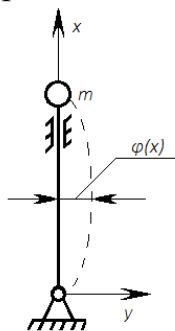


Рис.1

Пусть собственные колебания мачты совершаются по гармоническому закону:

$$y(x, t) = \varphi(x) \cos pt + \alpha \quad (1)$$

Пусть в сечение $x=a$ к балке приложена сила (реакция опоры) и момент, изменяющиеся по законам:

$$P = P_0 \cos(pt + \alpha), \quad M = M_0 \cos(pt + \alpha)$$

Сечение $y=a$ делит мачту на два участка: нижний ($x < a$) и верхний ($x > a$). На этих участках функция $\varphi(x)$ выражается разными формулами: $\varphi_n(x)$ и $\varphi_s(x)$.

В сечении $x=a$ значение функции $\varphi(x)$ (прогиб) и ее производных должны удовлетворять условиям сопряжения:

$$\begin{aligned} \varphi_s(a) &= \varphi_n(a) \\ \varphi'_s(a) &= \varphi'_n(a) \\ \varphi''_s(a) &= \varphi''_n(a) + \frac{M_0}{EJ_m} \\ \varphi'''_s(a) &= \varphi'''_n(a) + \frac{P_0}{EJ_m} \end{aligned} \quad (2)$$

Все эти условия удовлетворяются, если принять начало координат в нижнем шарнире и что собственные колебания описываются дифференциальным уравнением вида [1]:

$$EJ_m \frac{d^4 \varphi}{dx^4} - \mu p^2 \varphi = 0 \quad (3)$$

где E - модуль упругости, J_m - момент инерции сечения мачты относительно нейтральной оси, m^4 , μ - масса единицы длины мачты, кг/м; p - частота собственных колебаний, рад/с.

Общее решение этого уравнения с граничными условиями для верхней части мачты примет вид (как для консольной балки опертой шарнирно в т. $x=a$):

$$\varphi_{\varepsilon}(x) = \varphi_{\eta}(x) + \frac{M_0}{EJk^2} U[k(x-a)] + \frac{P_0}{EJk^3} V[k(x-a)] \quad (4)$$

Выполнение условий (2) можно проверить, продифференцировав функции

А.Н.Крылова $S = \frac{1}{2}(chk_x + \cos k_x); \quad T(k_x) = \frac{1}{2}(shk_x + \sin k_x);$
 $U(k_x) = \frac{1}{2}(chk_x - \cos k_x); \quad V(k_x) = \frac{1}{2}(shk_x - \sin k_x);$ при этом учесть, что
 $S(0)=1; T(0)=0; U(0)=0;$ и $Y(0)=0.$

Так как нижний конец мачты оперт шарнирно, то в выражении $\varphi(x)$ для нижнего участка постоянные интегрирования (при $(x < a)$ $A=C=0$ и уравнение упругой линии примет вид:

$$\varphi_{\eta}(x) = BT(k_x) + DY(k_x) \quad (5)$$

где В и D - постоянные интегрирования.

В сечении $x=a$ приложена опорная реакция Р, которая при свободных поперечных колебаниях мачты меняется по гармоническому закону $P = P_0 \cos(pt + \alpha)$. Поэтому, согласно уравнению (3) для верхнего участка $(x > a)$ мачты получим:

$$\varphi_{\varepsilon}(x) = BT(k_x) + DY(k_x) + HV[k(x-a)] \quad (6)$$

где $H = \frac{R}{k^3 EJ_m}$, R- амплитудное значение реакции опоры.

Для определения постоянных интегрирования В, D, Н воспользуемся граничными (краевыми) условиями. На опоре прогиб мачты равен нулю, а на верхнем конце мачты равны нулю изгибающий момент и поперечная сила.

Математически эти условия выражаются следующим образом:

при $x=a$ $\varphi(a)=0$, а при $x=l$ $M=EJ\frac{d^2\varphi}{dx^2}=0$ $Q=EJ\frac{d^3\varphi}{dx^3}=0$

Таким образом, получим уравнение:

$$\begin{aligned} BT(ka) + DV(ka) &= 0 \\ BV(kl) + DT(kl) + HT(kb) &= 0 \\ BU(kl) + DS(kl) + HS(kl) &= 0 \end{aligned} \quad (7)$$

Уравнение частоты мачты будет иметь вид [2]:

$$\Delta(\lambda) = \begin{vmatrix} T(\lambda \frac{a}{l}) & V(\lambda \frac{a}{l}) & 0 \\ V(\lambda) & T(\lambda) & T(\lambda \frac{b}{l}) \\ U(\lambda) & S(\lambda) & S(\lambda \frac{b}{l}) \end{vmatrix} = 0 \quad (8)$$

где, $\lambda = kl$, а $k = \frac{p^2 \mu}{EJ_m}$.

Определитель $\Delta(\lambda)$ составлен из коэффициентов трансцендентных уравнений (6). Решение системы уравнений(6) крайне затруднено. Его корни можно найти методом подбора [2]. Это можно осуществить таким образом. Задавшись некоторым произвольным значением $\lambda = \lambda_1$ вычисляем определитель $\Delta(\lambda_1)$. Затем вычисляется определитель для другого произвольного значения $\lambda = \lambda_2$ $\Delta(\lambda_2)$, а следующее приближение λ выбирают, воспользовавшись формулой аппроксимацией:

$$\lambda_3 = \frac{\lambda_1 \Delta(\lambda_2) - \lambda_2 \Delta(\lambda_1)}{\Delta(\lambda_2) - \Delta(\lambda_1)} \quad (9)$$

Вычисления проводятся до тех пор, пока разница между последовательными приближениями не станет достаточно малой.

Определим низшую частоту колебаний (первой гармоники) мачты длиной $l = 15.6 \text{ м}$. Для значений $a = 0.1351$ и $b = 0.61$ (значения a и b взяты для мачты станка СБШ-250МНА-32. Для этих значений определитель (8) примет вид:

$$\Delta\lambda = \begin{vmatrix} T(0.135\lambda) & V(0.135\lambda) & 0 \\ V(\lambda) & T(\lambda) & T(0.6\lambda) \\ U(\lambda) & S(\lambda) & S(0.6\lambda) \end{vmatrix} = 0 \quad (10)$$

Первое приближенное значение λ выбираем произвольно. При этом будем исходить из следующего. Если бы опоры были расположены по концам мачты как балки, то $\lambda = \pi$ [2], а если бы обе опоры расположились бы у нижнего конца ($a = 0$), то мачта превратилась бы в идеальную консольную балку, для которой $\lambda = 1.875$ [2]. Очевидно, в нашем случае λ должна иметь некоторое промежуточное значение. Принимаем произвольно $\lambda_1 = 2.2$ и вычисляем для этого значения определитель (7а), получим $\Delta(\lambda_1) = 0.10618$.

Следующее значение λ_2 принимаем так же произвольно $\lambda_2 = 2.8$ и вычисляем определитель $\Delta(\lambda_2) = \Delta(2.8) = -0.2883$. Следующее же приближение λ_3 вычисляем по формуле (8), получаем $\lambda_3 = 2.30$. Повторяем вычисление определителя (7а) для значения $\lambda_3 = 2.36$, получаем $\Delta(\lambda_3) = \Delta(2.36) = 0.02044$.

Таким образом, низший корень λ заключен между значениями $\lambda_2 = 2.8$ и $\lambda_3 = 2.36$. Этот низший корень находим с помощью формулы (8) и получаем $\lambda_4 = 2.39$. Его можно считать достаточно точным.

Тогда низшая частота собственных колебаний мачты может быть определена по формуле:

$$P = \lambda^2 \sqrt{\frac{EJ_m}{\mu l^4}} = 2.39^2 \sqrt{\frac{EJ_m}{\mu l^4}}, \quad (11)$$

где $J_m = 821 \cdot 10^{-5} \text{ м}^4$ - момент инерции сечения мачты закрытого типа, стойка каркаса которой из уголков 160x160x12, боковые раскосы – из трубы 100x100x6, направляющие из швеллера 16; $\mu = 394 \text{ кг} / \text{м}$; $l = 15,6; 16,4; 17,8; 20 \text{ м}$.

Частоты собственных колебаний соответственно составляют $P = 45; 41,5; 34; 27,5 \text{ рад/с}$.

Частота вынужденных колебаний максимальная става $\omega = 12,56 \text{ рад} / \text{с}$.

Из расчетов видно, что низшая частота собственных колебаний к резонансу привести не может.

В тоже время, частота вынужденных колебаний близка к кратности 2-го и 3-го порядков у мачт перечисленных длин, что не исключает возникновение резонансов 2-го и 3-го порядков в колебательной системе мачта-став буровых штанг.

Целесообразно изгибную жесткость EJ_m мачт всех перечисленных вариантов изменением конструкции повысить.

Література

1. Пономарев К.К. Составление дифференциальных уравнений инженерно-технических задач/ М.: Гостехиздат, 1982. – 184 с.

2. Бидерман В.Л. Прикладная теория механических колебаний// М.: «Высшая школа», 1972, – 416 с.

В. Ю. Білоножко, ст. викладач

(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

СУЧАСНІ МЕТОДИ СТОПОРІННЯ НАРІЗНИХ З'ЄДНАНЬ

Створення надійного та стабільного зусилля затяжки з'єднання на весь період експлуатації вузла є основним завданням при використанні кріпильних деталей. Кріпильні нарізи - для нерухомих нарізних з'єднань найчастіше використовують метричні нарізи з дрібним кроком, мають властивість «самогальмування». При цьому осьове навантаження не викликає повороту однієї нарізної деталі відносно іншої - гайки щодо болта або шпильки, гайки або болта щодо корпусу і т. д., оскільки затягування болтів створює моменти тертя в нарізі і на торці гайки, величина яких в кілька разів більша моменту відгвинчування. У разі дії лише осьової статичної сили взаємодія цих моментів цілком надійно забезпечує з'єднання від ослаблення.

При вібраційному та ударному навантаженні під впливом зовнішніх знакозмінних сил, спрямованих уздовж осі або під кутом до неї, через пластичних деформацій матеріалу деталей, що з'єднуються під головкою болта або гайкою, спостерігається зниження зусилля затяжки і в результаті відбуваються ослаблення нарізного сполучення. При цьому, чим більше деталей в з'єднанні (включаючи і шайби), тим швидше відбудеться його ослаблення під час експлуатації. В роботі [1] пропонується такий механізм самовідгвинчування нарізного з'єднання. При

систематичних або випадкових вібраціях з'єднання в процесі його експлуатації можуть виникати короточасові моменти, коли гайка виявляється вільною від осевих сил. Так як опорні поверхні сполучених деталей не можуть бути абсолютно паралельними, вони мають деякий переки́с, зв'язаний із похибками монтажу або дії згинальних сил. Цей переки́с приводить до виникнення бокової сили в площині опорної поверхні. Переки́с опорних поверхонь не значний. Але навіть незначні бокові сили можуть визвати деякий поворот гайки, величина якого зростає із збільшення часу знаходження нарізного з'єднання в зоні вібрацій. Розгвинчування з'єднання може виникати і внаслідок наявності залишкових сил затяжки або при зсуві деталей, що з'єднуються (з'єднання маховика та колінчастого вала).

Практика експлуатації показала, що нарізні сполучення можуть надійно працювати при змінних навантаженнях тільки в застопореному стані.

Розрізняють два основних способи стопоріння: а) жорстке стопоріння - відверненню гайок (гвинтів) перешкоджають спеціальні деталі - шплінти, багатолапчасті шайби і ін.; б) фрикційне стопоріння - елементи стопоріння створюють додаткове тертя між витками нарізи і / або між гайкою і корпусом - контргайки, пружинні шайби, самоконтрящі гайки та ін. [2, 3].

Фрикційне стопоріння менш надійно, тому у всіх відповідальних з'єднаннях і в з'єднаннях, розташованих усередині машини, воно не застосовується. Якщо ослаблення з'єднання не викликає зупинки машини, то фрикційне стопоріння може бути використано з періодичної підтяжкою послаблених гайок. Гайки при фрикційному стопорінні можуть утримуватися за нарізи болта або шпильки, за корпус. При високих вимогах до надійності нарізних сполучень, які працюють при змінних навантаженнях, використовують тільки жорстке стопоріння.

Розглянемо найбільш поширені методи жорсткого стопоріння, які забезпечують високу надійність нарізних з'єднань.

1. Шайби стопорні багатолапчасті за ГОСТ 11872-89 для гайок за ГОСТ 11871-80 [4, 5] (рис. 1). Застосовують для закріплення на валах деталей, що обертаються - зубчасті колеса, підшипники, напівмуфти і т. п.).

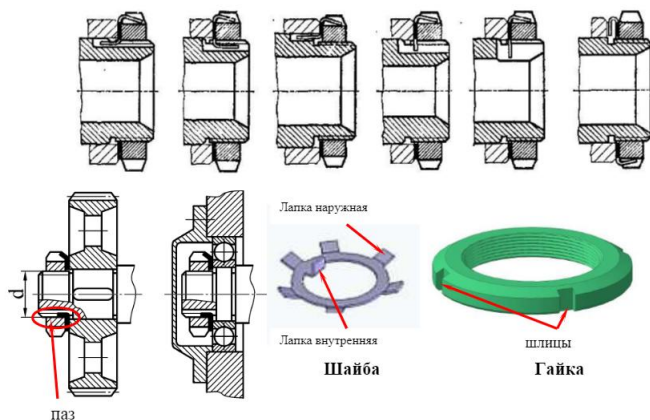


Рис. 1

Працює з'єднання так: на валу роблять паз, в який входить внутрішня лапка багатолапчастої шайби, потім по нарізі накручують шліцьову гайку, затягують до моменту, зазначеного в технічних вимогах на складальному кресленні, і загинають одну з зовнішніх лапок в найближчий шліц на гайці. Всі елементи -

нарізі, паз, гайка і шайба - стандартизовані і узгоджені між собою (їх розміри вибираються в залежності від посадкового діаметра затискаємо деталі [3].

2. Обв'язувальний дріт за ГОСТ 3282-74 [6] застосовується, як правило, для жорсткого стопоріння болтів, гвинтів і гайок, у яких передбачені відповідні

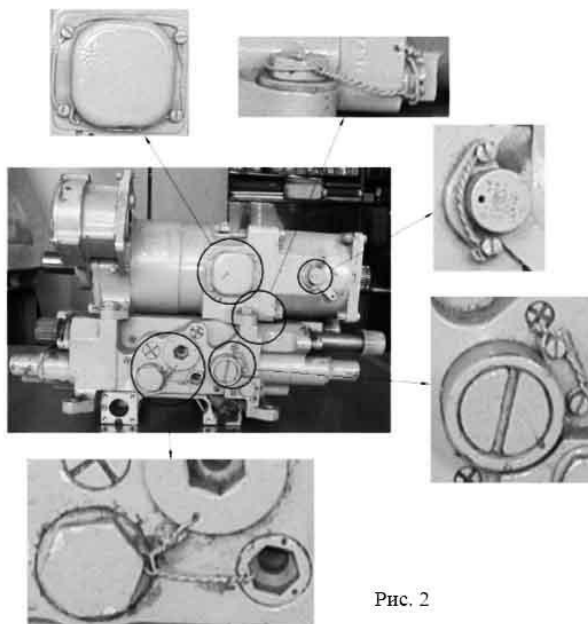


Рис. 2

Рис.2

отвори (рис. 2). Дріт пропускають через ці отвори, а потім кінці дроту скручують плоскогубцями. Іноді використовують отвір в якій-небудь прилеглій деталі або в спеціально встановленому елементі (гвинт, штифт і т. п.). Для перев'язки застосовують сталевий дріт з діаметром $d = 0,5 \dots 4$ мм (рис. 3). Найбільш вживані діаметри дроту 0,8; 1,2 і 1,6 мм.

При стопорінні слід дотримуватися правильного напрямку перев'язки: щоб натяг, що виникає при скручуванні кінців дроту, створював момент, що перешкоджає відгвинчуванню елемента, що стопориться (див. рис. 3).

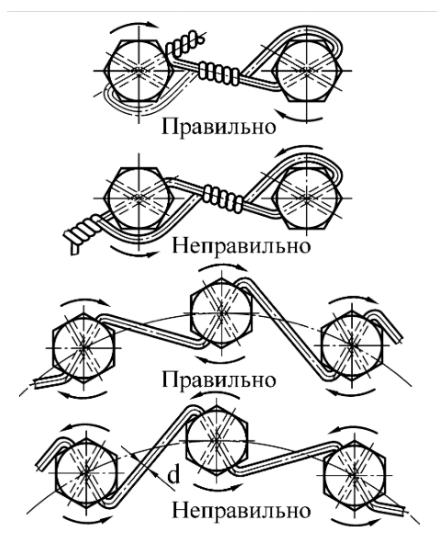


Рис. 3

3. Шайби стопорні з лапкою за ГОСТ 13463-77 [7] (рис. 4) зазвичай застосовують для фіксації вкрутних болтів і гайок на шпильках з діаметром $d = 3 \dots 48$ мм, розташованих на фланцях і поруч з ребром однієї з деталей, що з'єднуються, наприклад, кришки (рис. 5). При стопорінні гайок, що нагвинчуються на болти, необхідна фіксація головки болта від повороту.

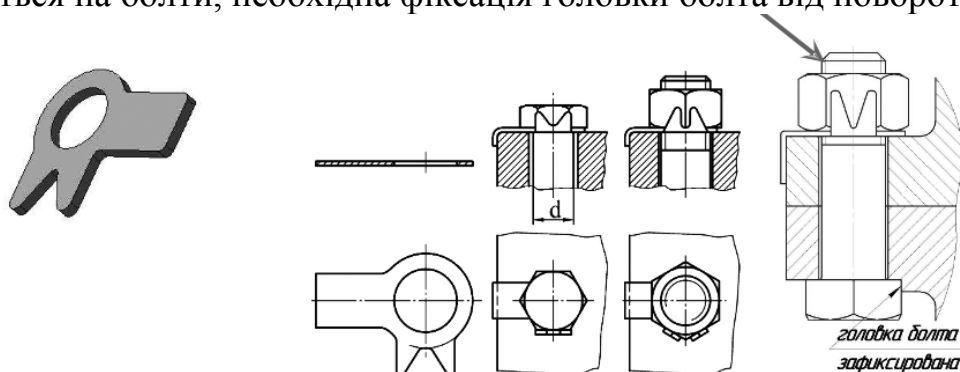


Рис. 4

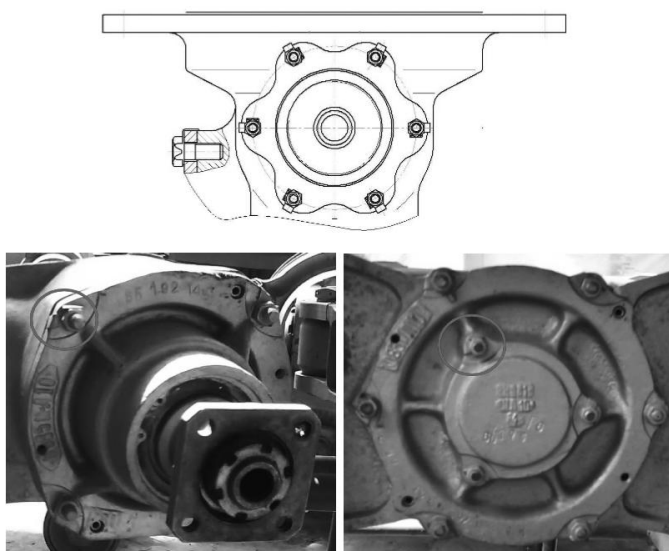


Рис. 5

4. Шплінти за ГОСТ 397-79 [8] з $d = 0,6 \dots 20$ та $d = 4 \dots 280$ (рис. 6) застосовують для одиночних болтів в поєднанні з корончатими гайками різних стандартів. Шплінт пропускають крізь отвір в болті і пази на гайці, потім кінці шплінта відгинають або на грань гайки і торець болта, або обидва кінці - на грань гайки.

5. Шайби пружинні за ГОСТ 6402-70 широко застосовуються в продукції вітчизняного машинобудування для стаціонарних агрегатів (рис. 7) [9]. Їх ще називають шайбою Гровера або просто «гровером». Стопорний ефект полягає в пружному притиску гайки і створенні таким чином додаткової сили тертя між витками гвинта і гайки.

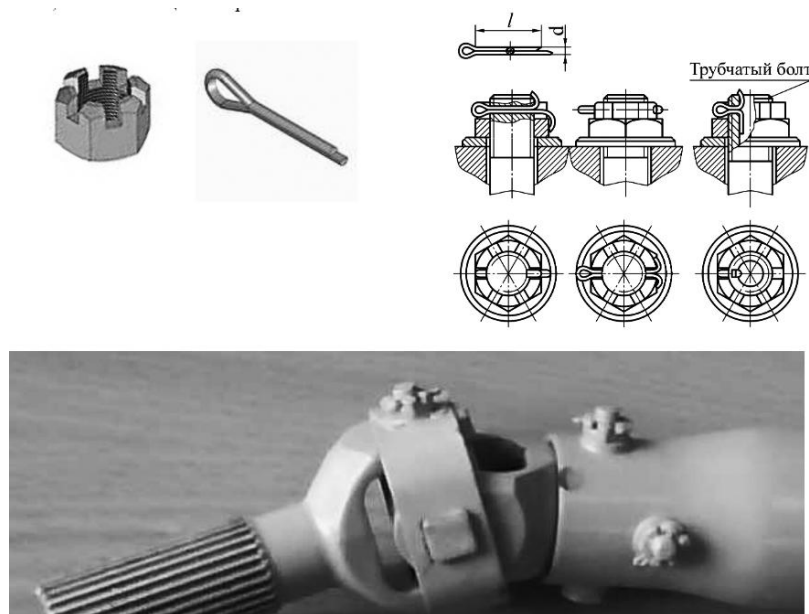


Рис. 6

Таким чином, ці шайби небажано використовувати на деталях із алюмінієвих і магнієвих сплавів. Крім того, гровер навантажує болт додатковим згинаючим моментом, що теж небажано.

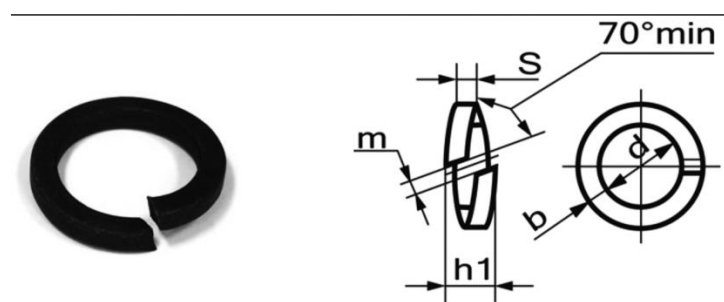


Рис. 7.

На рис. 8 показані узагальнені криві самовідгвинчування різних нарізних з'єднань і способів їх фіксації, побудовані за результатами порівняльних випробувань циклічними навантаженнями при коливаннях в площині стику деталей, що з'єднуються, за методом Юнкера (рис. 9). Число коливань 13-16 в хвилину, що створюється випробувальним стендом, дозволяє моделювати найбільш жорсткі умови, що виникають при експлуатації автомобілів [10].

Криві самовідгвинчування показують, що пружинні та стопорні шайби мають не високі показники. В з'єднаннях болт-гайка

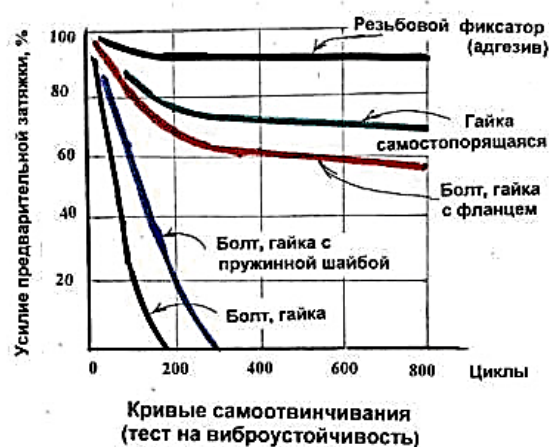


Рис. 8. Узагальнені криві самовідгвинчування різних нарізних з'єднань і способів їх фіксації

пружинну шайбу встановлюють тільки під гайку, що порушує принцип «глобального» стопоріння, який говорить, що стопорити треба обидві деталі. Для довідки: відношення пружної сили нормальних (Н) пружинних шайб до зусилля затягування нарізного з'єднання для класу міцності 6.8 становить 1,2...1,8%, а для 8.8 всього 1...1,4% (див. ГОСТ 6402-70).

З рис. 8 видно, що пружинні шайби здатні створювати певний ефект стопоріння лише з болтами низької міцності і малої довжини: змінне навантаження на болт М10х15 в з'єднанні з невеликим зусиллям затяжки може бути знижена на 30-40%. А в поєднанні з болтом середньої довжини, наприклад, М10х45, зниження не перевищує 8-10%. Відомий вчений в галузі кріпильних з'єднань і їх стопоріння Г.Б. Іосілевіч в своїх роботах називав шайби пружинні і зубчасті «уявними» формозапираючими елементами. Німецький інститут стандартизації ще в 1987 році обмежив застосування пружинних і зубчастих шайб за ДІН 127, 128. 7880 з болтами класів міцності не вище 6.8, встановив термін в 5 років для повної відмови від цих конструкцій і запланував їх скасування без заміни. У нас такі шайби дуже часто ставлять під деталі класу міцності 8.8 - 8 і вище, що не правильно.

Література:

1. Иосилевич Г. Б. Затяжка и стопорение резьбовых соединений: Справочник / Г. Б. Иосилевич, Г. Б. Строганов, Ю.В. Шарловский. – М.: Машиностроение, 1985. – 224 с.
2. Решетов Д. Н. Детали машин / Д. Н. Решетов. – М.: Машиностроение, 1989. – 496 с.
3. Орлов П.И. Основы конструирования: Справочное пособие. В 2-х томах / П. И. Орлов. – М.: Машиностроение, 1988. – 560 с., 544 с.
4. ГОСТ 11871-88 Гайки круглые шлицевые. Технические условия
5. ГОСТ 11872-89 Шайбы стопорные многолапчатые. Технические условия
6. ГОСТ 3282-74 Проволока стальная низкоуглеродистая общего назначения. технические условия.
7. ГОСТ 13463-77 Шайбы стопорные с лапкой. Конструкция и размеры
8. ГОСТ 397-79 Шплинты. Технические условия.
9. ГОСТ 6402-70 Шайбы пружинные. Технические условия (с Изменениями N 2, 3)
10. traiv-komplekt.ru О стопорении резьбовых соединений.

Д.Г.Ковальов, С.Г.Доленко, А.П.Мазурова, викладач спеціальних дисциплін,
Л.В.Баранова, викладач спеціальних дисциплін
(Україна, Кривий Ріг, Криворізький будівельний коледж)

МОНОЛІТНЕ БУДІВНИЦТВО

Будівництво не стоїть на місці і тепер, з кожним днем тисячі кваліфікованих фахівців працюють в сферах будівництва, вносячи свій внесок .

Нажаль в сучасній Україні будівництво масштабних проектів та капітальних споруд відбувається лише у великих містах та економічних центрах. Потреба в новому та якісному житлі є актуальною в наш час. Більшість будівель були збудовані ще у радянські часи.

Мета: монолітне будівництво, як перспективна технологія зведення будівель різних архітектурних форм із залізобетону. В основі такої технології

зведення будинків закладено використання арматурного каркасу через що її часто називають технологією каркасно-монолітного будівництва.

Монолітна технологія будівництва житла має на увазі застосування деяких прийомів, що відрізняють її від інших способів спорудження будівель. Залежно від цього розрізняють два основних види будівель з цілісних конструкцій:

- Збірно-монолітний-каркасний будинок, являє собою полегшену споруду, зведену за найсучаснішою технологією. Її суть полягає в тому, що в першу чергу збирається каркас - колони, плит перекриття, ригелі. Цей процес відбувається в заводських цехах, а на будівельний майданчик елементи привозяться в готовому вигляді, а там їх монтують (монолітять) в цілісну систему. Зовнішні та внутрішні стіни виготовляються з легких матеріалів, що дозволяє пристосувати планування будівлі під будь-який проект.

- Цегляно-монолітний будинок складається з цільних залізобетонних конструкцій, зовні обкладених цеглою або блоками. Між ними часто закладаються шари утеплювача та гідроізоляції. Моноліт заливається за допомогою опалубки, що є спеціальним оснащенням для формування різних елементів будівлі: фундаменту, стін, перекриття і так далі. Після установки палубної системи всередину закладається арматурна сітка і заливається бетон. Опалубка випускається з алюмінію, сталі, пластику або деревини.

Незважаючи на бурхливий розвиток технологій, люди поки не створили ідеальної споруди, що задовольняє всім потребам, тому доводиться вибирати варіанти, у яких за певних умов позитивних властивостей більше.

Переваги монолітного будинку наступні:

- Швидкість зведення.
- Мала усадка будівлі, що дає можливість приступити до внутрішнього оздоблення практично відразу після закінчення основного циклу робіт.
- Висока міцність, яка досягається за рахунок мінімальної кількості будівельних швів.
- Невелика, в порівнянні з цегляними і панельними будинками, вага. Це дає можливість зводити такі будинки на проблемних, рухливих ґрунтах.
- Відсутність точкових навантажень на фундамент. Вона рівномірно розподіляється по всьому периметру несучих стін, що дає можливість робити полегшені фундаменти.
- Монолітне будівництво обходиться майже на третину дешевше, ніж зведення будівель з цегли або блоків за рахунок економії витратних матеріалів, менших витратах робочої сили, техніки і часу.
- Створювати споруди будь-якої поверховості з різноманітним внутрішнім плануванням в будь-якому архітектурному стилі. Оскільки роль несучих конструкцій покладається на колони або несучі зовнішні стіни, можна спокійно виконувати перепланування вже готового приміщення, без ризику порушити міцність всієї будови.

- За рахунок малої товщини стін і перекриттів корисна площа таких об'єктів завжди на 5-10% більше, ніж аналогічних, побудованих з цегли або блоків.

- Довговічність. За оцінками експертів, будинки, що зводяться монолітним способом, можуть експлуатуватися без капітального ремонту в зоні з помірним кліматом протягом 100-120 років.

- З огляду на таку властивість бетону, як висока водонепроникність, таким будівлям не страшні паводки і повені.

- Висока сейсмостійкість дозволяє витримати коливання земної кори амплітудою 7-8 балів.

До переваг монолітного будівництва відноситься можливість застосовувати сучасні рішення та вписувати об'єкти, що будуються, в ландшафт існуючої забудови. Монолітні плити створюють рівну поверхню стелі без швів, готову для фарбування або обклеювання. Відсутність громіздких несучих стін дозволяє втілити будь-які бажання замовника по плануванню квартири, виключенням стане тільки перенесення санвузлів і кухонь через наявність транзитних комунікацій.

Недоліки:

- відсутня нормативна база для зведення будинків понад 25 поверхів, хоча такі будинки вже збудовані;

- будівництво за монолітно-каркасною технологією будинків понад 16 поверхів збільшує вартість квадратного метру за рахунок витрат на технічне оснащення.

Підводячи підсумок, не можна однозначно сказати, який будинок краще - цегляний або монолітно-цегляний, так як за своїми експлуатаційними характеристиками вони практично не відрізняються. Як, втім, і за вартістю квадратного метра.

Вибираючи, що краще - цегляний або монолітний будинок, слід звернути увагу і на такі переваги останнього:

- Унікальна міцність конструкції. Їй не страшні вибухи, землетруси та інші катаклізми. У купленої вами квартирі пройде життя кількох поколінь.

- Рівномірна осадка і, відповідно, відсутність ризику утворення тріщин в стінах. Тому в таких будинках можна відразу робити якісний ремонт.

- Можливість зміни планування. Її можна змінювати як завгодно, але всі «мокрі» зони повинні залишатися на своїх місцях.

- Відмінна звукоізоляція.

Зверніть увагу. Ви не будете чути своїх сусідів у звичайний час, але якщо в якійсь квартирі по вашому стояку почнеться ремонт зі штробленню або свердлінням стін, звук буде чути з першого по останній поверх.

Якщо вибрати, який будинок краще - цегляний або монолітний щодо швидкості будівництва і можливості швидкого заселення, то вони приблизно рівноцінні.

Висновок: Завдяки використанню цієї технології та ефективному управлінню процесом, подібно до конвеєру на великому будівництві, вдалося значно скоротити час будівництва і зменшити кошторисну вартість.

В даний час на українському будівельному ринку, особливо в великих містах, ця технологія динамічно розвивається і широко використовується при зведенні багатоповерхових житлових будинків

Оцінюючи перспективу розвитку технології, слід враховувати позитивний досвід монолітного будівництва розвинених країн: в США і державах Європейського Союзу. Співвідношення будівель, зведених за цією технологією, до загального обсягу будівництва становить від 60 до 80 відсотків. В Україні цей показник у кілька разів менше, що вказує на високий потенціал застосування технології монолітно-каркасного будівництва в найближче десятиліття.

Література:

1.Марковский М. Ф., Бурсов~Н. Г. Высотное строительство из монолитного железобетона // Архитектура и строительство. 2011, №2.

2.Михайлин В. М., Нанасова С. М. Монолитные жилые здания: Учебн. издание.— М.: АСВ, 2006.

3.http://www.it-nv.ru/stroitelstvo_domov/monolitnoe_stroitelstvo_tehnologiya_trebovaniya_etapi_materialijplyusi_i_minusi

4.http://www.holstroy.com.ua/monolit.htm?gclid=Cj0KCQiAoo7gBRDuARIsANeJKUbKB_Yp_nOms7ZQKDWU4nnj_QzXyODdftcGKrZKv94kIkz_ofsHQV_EKUaAn-PEALwwcB

Мунтяну В.І., учениця 10-А класу, Васильєва І.Г., керівник вчитель хімії вищої категорії
(Україна, Кривий Ріг, КЗОШ І-ІІІ ступенів № 17)

ДОСЛІДЖЕННЯ РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ КУЛЬТУРИ ШКОЛЯРІВ

На жаль, більшість людей вважає, що садіння дерев, спорудження очисних споруд і тому подібне є екологією. Ні. Це лише дія, вчинок, факт. Необхідність системи дії пов'язана з тим, що кожна з них окремо додає чи забирає щось в одному місці, а це спричиняє зворотній процес у іншому. Тобто кожна дія передбачає протидію. Дії, не узгоджені між собою, не приведені до певної системи, не можуть бути збалансовані. Відтак збереження довкілля перетворилося на прогресуючу хронічну хворобу. Таке ставлення до природи зрештою стрімко веде людство до самознищення.

Об'єкт дослідження: Учні 6-10 класів КЗОШ №17.

Предмет дослідження: Рівень екологічної свідомості дитини.

Мета: Дати оцінку рівня екологічної свідомості учнів різного віку.

Завдання: 1) Провести анкетування учнів.

2) Порівняти результати анкетування учнів.

Методи дослідження: Аналіз, порівняння, статистична обробка даних.

Робота складається з теоретичного та практичного розділів.

У теоретичному розділі описується:

- забруднення атмосфери.
- забруднення гідросфери.
- класифікація і шляхи забруднення ґрунту.
- висновки

Другий розділ - визначення рівня екологічної свідомості школярів шляхом оцінки результатів анкетування.

Для визначення рівня екологічної свідомості учнів я запропонувала такі питання:

1. Що таке екологія?
2. Який рівень забруднення нашого міста за 10 бальною шкалою?
3. Які недоліки в стані навколишнього середовища нашого міста?
4. Чи залежить стан навколишнього середовища нашого міста від нас самих?
5. Яким чином ви можете поліпшити стан навколишнього середовища в Кривому Розі?
6. Як ви вважаєте чи можна пити воду з нашого трубопроводу?
7. Чим забруднюють водний простір?
8. Як можна уникнути забруднення води?
9. Як запобігти забрудненню ґрунту побутовими скиданнями й відходами?

Анкетування проведено у 6-А класі (20 учнів), 7-А (17 учнів), 8-А (15 учнів), 9-А (18 учнів) та 10-А (29 учнів)

Висновки: Я вважаю, що 10 клас найбільш досвідчений у галузі екології. Судячи з аналізу анкетування знання у дітей набуваються з віком.

Учні 6-9 класів потребують додаткової інформації з екологічних питань, про те як запобігти забрудненню ґрунту та води. Більша частина учнів саме на ці питання не змогла дати правильної відповіді.

Дослідження показало, що учні вважають, що від них не залежить поліпшення екології нашого міста. Треба їм довести, що чистота нашого міста залежить і від них також.

Література:

1. Екологічна безпека України; у запитаннях та відповідях / М.І. Хилько, В.І. Кушерець. - К.: Знання України, 2006. - 144 с. - (Еко-знання).

2. Білявський Г.О., Фурдуй Р.С. Основи екологічних знань: Підручник. - К.: Либідь 1995.-288 с.

3. Екологічна ситуація у місті Кривий Ріг - Офіційний сайт Криворізької міської ради та її виконавчого комітету [Електронний ресурс]. URL: https://kr.aov.ua/karta_savtu_pidrozdili_vikonkomu/upravlinnya_ekologii/ekoloaichna_situatsiya_u_misti_kriviv_rig

4. Екологічний паспорт міста Кривого Розу - Офіційний сайт Криворізької міської ради та її виконавчого комітету [Електронний ресурс]. URL: https://kr.aov.ua/ua/news/pg/190117418982655_n/

Секція 2. Енергетика. Ефективність використання енергії

UDC 622:621.31

I.E.Petrenko, V.D.Baranovskiy

Research Supervisor M.L. Baranovska

Language Supervisor T.V. Kurbatova

(Ukraine, Kryvyi Rih, the Kryvyi Rih National University)

MODERNIZATION OF K-500-61-1 COMPRESSOR ELECTRIC DRIVE

After analyzing the given data, we can conclude that about 30% of power is consumed by the power building that produces compressed air for the mine needs. The major power consumers of the PJSC "Kryvbaszalizrudkom" are powerful synchronous motors of the compressor stations RCPCMD-1 and RCPCMD-2. Application of the thyristor power controller UNT-HVSS-BZ-F-235 to control synchronous motors of the K-500-61-1 turbine compressor installation is introduced, this providing an opportunity to save power and improve "stop-go" action modes of powerful drive motors of turbine

compressors at the RCPCMD-2.

Topicality of research.

At present, there are 51 power-intensive enterprises including 16 in Dnipropetrovsk region. Five ore mining enterprises are operating in Kryvyi Rih iron ore basin [1-3]. At underground mines, primary power consumers are stationary installations – main ventilation, compression, hoister and water discharge ones.

Analysis of power consumption curves (according to the statistic data provided by the PJSC “Kryvbaszalizrudkom”) indicates that major power consumers within the iron ore mining enterprise are powerful synchronous motors of compressor stations – regional compressor plants of central mine drainage (RCPCMD-1 and RCPCMD-2) as the shape of curves of the enterprise’s total consumption coincides with that of the compressor stations.

The research is aimed at updating the electric drive of the K-500-61-1 compressor by installing a thyristor power controller to save power when the compressor is not under the full-power mode, improving “stop-go” action modes of the compressor electric drive and controlling the turbine plant at the RCPCMD-2 of the PJSC “Kryvbaszalizrudkom” more efficiently.

The research tasks modernization of the compressor station RCPCMD-2 of the PJSC “Kryvbaszalizrudkom” by installing a thyristor power controller UNT-HVSS-BZ-F-235 to control drive synchronous motors of the K-500-61-1 compressor; development of the mathematical model “thyristor power controller- synchronous motor” (TPC-SM) to conduct researches.

Research material.

The research considers the K-500-61-1 compressor as the most powerful of those applied at the compressor station of the given enterprise. The specifications of the K-500-61-1 compressor include: capacity – 500 м³/хв; process pressure – 0,88 МПа; watt consumption – 3400 кВт; number of revolutions – 50.2 об/с [4].

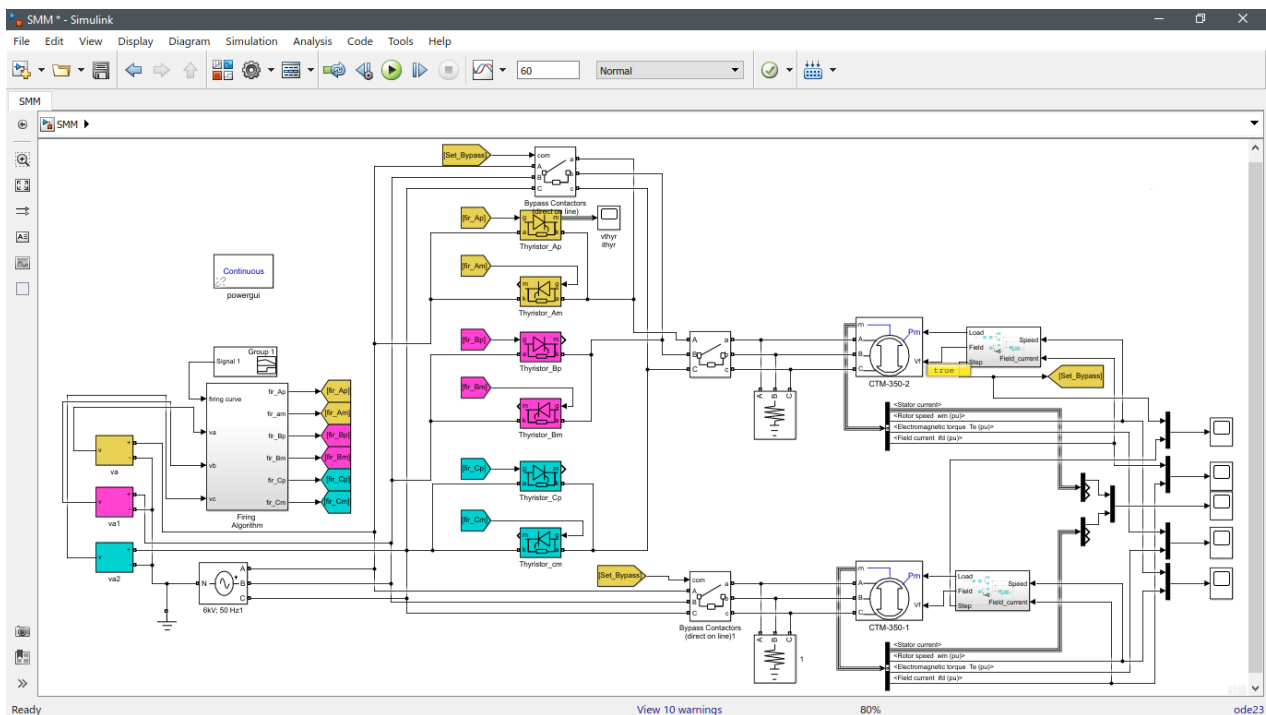
The CTM-3500-2 synchronous motor is power-driven with the following parameters (Table 1).

Table 1 - Specifications of the CTM-3500-2 synchronous motor

Nominal capacity	3500 kW
Rated load	6 kV
Rated stator current	424 A
Rated rotor speed	3000 rev/min
Rated efficiency	95.5%
Номінальний коефіцієнт потужності	0,9
Rated field winding current	270 A
Rated field winding voltage	90 V
Inertia torque	125 kg·m ²
Inductance of stator phase	0.15 mH

The high-voltage soft-start device UNT-HVSS-BZ-F-235 is chosen. Calculation of parameters of the synchronous motor (SM) [5-8].

When starting the synchronous motor, the field voltage is not applied to the field winding. The motor is activated under the asynchronous mode with the currents induced in the damper and the field windings. The resistor is connected through the field winding to create admissible excitation current and limit the voltage induced through the field winding. When the speed reaches the set value close to the synchronous one, the field winding is connected to the fixed voltage source and the motor is synchronized in the system frequency mode.



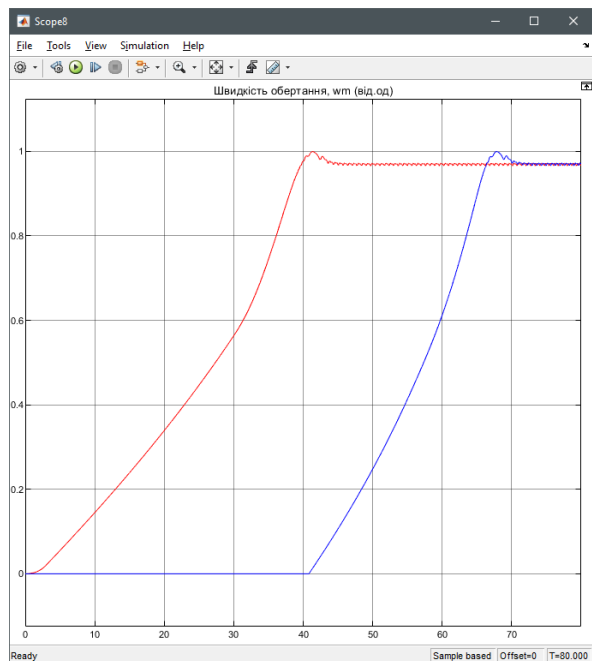


Fig. 2. Transient rotation processes

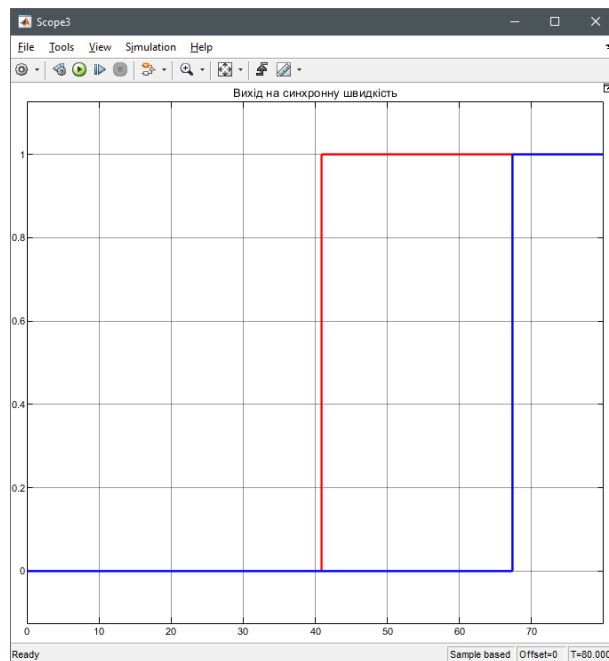


Fig. 3. Transient processes of synchronous speed

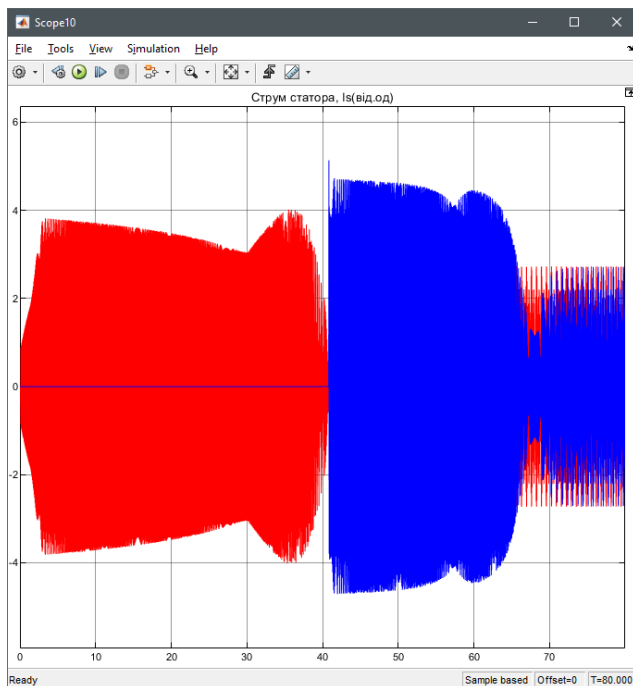


Fig. 4. Transient processes of stator current

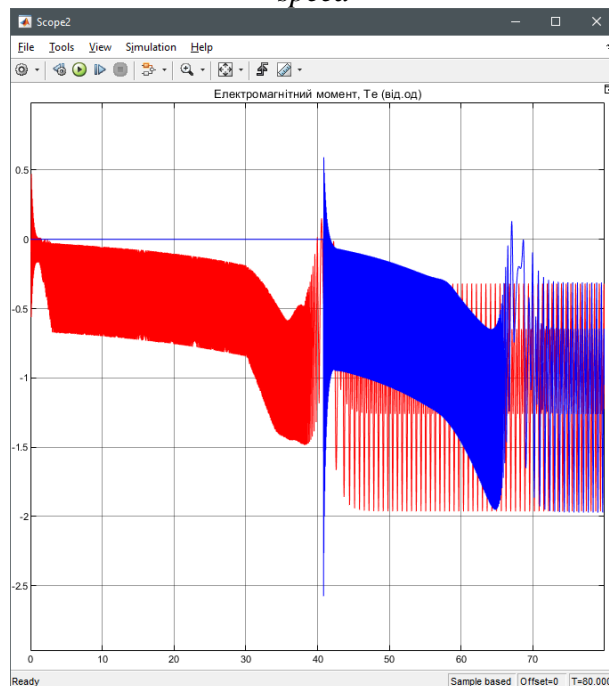


Fig. 5. Transient processes of electromagnetic torque

The research results. Application of the thyristor power controller UNT-HVSS-BZ-F-235 to control synchronous motors of the K-500-61-1 turbine compressor installation is introduced, this providing an opportunity to save power and improve “stop-go” action modes of powerful drive motors of turbine compressors at the RCPCMD-2.

References:

1. *Electric engineering of iron ore underground enterprises. Current status and prospects. Multi-authored monograph* / I.O. Sinchuk, F.I. Karamanyts, Yu.H. Osadchuk, M.L. Baranovska, S.M. Boiko, Yu. B. Filipp, I.V. Kasatkina, A.M. Yalova, V.O. Fedotov, T.M. Beridze; Edited by DSc., Prof.

O.M. Sinchuk. – Warsaw: iScience Sp. z.o.o. – 2019. – 122 p.

2. *Sbornik tehniko-ekonomicheskikh pokazatelej gornodobyvayushih predpriyatij Ukrainy v 2009 – 2010 gg. Analiz mirovoj konyuktury rynka ZhRS 2004 – 2011 gg.* / E.K. Babec, L.A. Shtanko, V.A. Salganik i dr. – Krivoy Rog: Vidavnichij dim, 2011 – 329 s.

3. *Zakladnij O.M., Prahovnik A.V., Solovej O.I. Energozberezhennya zasobami promislovogo elektroprivoda: Navchalnij posibnik.* – K.: Kondor, 2005. – 408 s.

4. *Onishenko G.B., Yunkov M.G. Elektroprivod turbomehanizmov.* – M.: Energiya, 1972. – 240 s.

5. *Tipovoj elektroprivod promyshlennyh ustanovok. Pod obsh. red. S. A. Volotkovskogo.* – Kiev: Visha shkola. Golovnoe izd-vo, 1983. – 312 s.

6. *Melkumov L.G., Najman A.E., Travki E.K. Avtomatizaciya pnevmaticheskogo hozyajstva shaht i rudnikov.* – M.: Nedra, 1977. – 271s.

7. *Eliseev V.A. Spravochnik po avtomatizirovannomu elektroprivodu.* – M.: – Energoatomizdat, 1983. – 616s.

8. *Voldek A.I. Elektricheskie mashiny.* – L.: Energiya, 1974. – 860 s.

УДК 621.31:62.192:338.246.7

А.Ю.Мячин, Н.П. Мельниченко, кан.техн.наук, доц.

(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

ЕФЕКТИВНИЙ ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТ- ЗАПОРУКА УСПІХУ У БОРОТЬБИ З ГЛОБАЛЬНИМ ПОТЕПЛІННЯМ

У народному господарстві України основними споживачами енергії є підприємства різних галузей. Сучасні підприємства споживають значні обсяги енергетичних ресурсів різних видів, враховуючи всі види природних та перетворених енергоносіїв, таких як паливо електрична та теплова енергія. Енергетичні ресурси є незамінними. Сам їх брак або відсутність може бути загрозою для здійснення господарської діяльності..

Разом з тим виникла **проблема** глобального потепління. У світі енергоспоживання зростає, незважаючи на те, що на нього припадає майже 60% світових викидів парникових газів. У той же час більше одного мільярда людей не мають доступу до електрики і ще більше залежать від шкідливих і забруднюють навколишнє середовище джерел енергії. Не дивно, що виклики, пов'язані з енергоефективністю та кліматичними змінами, складають ключову частину сталого розвитку на порядку денному до 2030 року.

Зниження споживання енергоресурсів та підвищення енергоефективності є основною **метою** глобального порядку денного в області зміни клімату. Тому ISO 50001, міжнародний стандарт, який є флагманським в галузі енергетики, був переглянутий.

Аналіз досліджень і публікацій останніх років. Серед західних науковців значну увагу дослідженню енергоменеджменту, як ефективного засобу підвищення енергоефективності приділяли Т.Морт, Л.Браке, Н.Йепсен, М.Стоббе та ін.

Вітчизняні дослідники також не оминули увагою проблеми ефективного управління енергетичним господарством підприємства. Серед їх дослідників – Ю.В. Дзядичевич, В.Г.Бевко, Р.І. Розум, М.В.Буряк та ін.

Впровадження стандарту ISO 50001 ставило **завдання** підвищення показників ефективності використання електроенергії. Стандарт є основою для управління енергетичними показниками і рішення проблем, пов'язаних з витратами на енергію; в той же час в ньому передбачено, що компанії будуть зменшувати свій вплив на навколишнє середовище для досягнення цільових показників, скорочуючи кількість викидів.

Великий наголос у стандарті робиться на роль вищого керівництва, так як важливо усвідомлювати зміни організаційної культури. В даний час також особлива увага приділяється стандартам на системи менеджменту, що спрощує інтеграцію в існуючі системи менеджменту організацій.

Відповідно до основних вимог стандарту організація повинна:

- створити, документально підтвердити та впровадити систему енергетичного менеджменту;
- визначити та задокументувати, яким чином вона буде задовольняти вимоги стандарту ISO 50001 в питаннях забезпечення безперервного удосконалення енергетичної ефективності та системи енергетичного менеджменту;
- визначити та документально підтвердити межу своєї системи енергетичного менеджменту.

Постійно удосконалити систему енергетичного менеджменту можливо за рахунок:

- створення та впровадження енергетичної політики;
- призначення представника від керівництва та затвердження інших членів групи по системі енергетичного менеджменту;
- надання ресурсів для удосконалення енергетичної ефективності та системи енергетичного менеджменту;
- виявлення відповідних показників даного підприємства та можливості виміру результатів ;
- забезпечення довгострокового планування енергозбереження.

Велике значення має призначення представника менеджменту, який має певну кваліфікацію та рівень підготовки необхідний для виконання завдань.

Виконання вимог стандарту ISO 50001 Україною може принести низку переваг для економіки - зниження енергоємності продукції та підвищить її конкурентоспроможність на зовнішніх ринках;

- відповідність більш високим вимогам в використанні енергії зможе відкрити нові ринки збуту продукт, зокрема в європейських країнах;
- загальноприйнята модель енергоменеджменту може полегшити управління енергетичним господарством підприємств;
- відбудеться поглиблення оновлення та модернізації енергетичного устаткування підприємств.

Висновок. Для забезпечення стабільної економії витрат на енергетичні ресурси необхідне запровадження систем енергоменеджменту в управління енергетичним господарством підприємства, що досить успішно застосовуються у світовій практиці. На закордонних підприємствах впровадження таких систем дає 5-15 % економії енергетичних ресурсів підприємств різного профілю. Крім того, енергоменеджмент не може бути одноразовим заходом, а вимагає постійної реалізації заходів з енергозбереження, моніторингу досягнутих результатів та здійснення ефективного управління діяльності підприємства у сфері підвищення енергоефективності.

Література:

1. Випанасенко С.С. Системи енергоменеджменту вугільних шахт - [монографія] / С.С. Випанасенко: - Д. Національний гірничий університет, 2008. – 196 С.
2. Управління процесами ефективного енергозбереження / Ю.В. Дзяди́кевич, Б.Р. Гевко, Р.І. Розум, М.В. Буряк // Інноваційна економіка. – 2010. - №17. – С. 151-154.

А.Лукашенко, І.В. Приступа, викладач спеціальних дисциплін
(Україна, Кривий Ріг, Криворізький технічний коледж Національної металургійної академії України)

СУЧАСНІ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ

Останнім часом в Україні через погодні умови, обмеженість власних природних енергоресурсів і низку економічних факторів особливо гостро постала проблема енергозбереження та використання інноваційних, енергозберігаючих технологій опалення житла та підприємств, а також гарячого водопостачання. Розв'язання цієї проблеми є в використанні такого виду енергозберігаючого обладнання, як тепловий насос.

Нас оточують величезні запаси енергії, що накопичуються природними акумуляторами – надземними та підземними водами, землею, морем, повітрям та ін. Існує також безліч високотемпературних ($+20...+30^{\circ}\text{C}$) джерел теплової енергії, таких як промислові води і відпрацьоване повітря. Щоб використовувати значні запаси теплової енергії на цьому температурному рівні, необхідно застосовувати технології перетворення теплоти первинних теплоносіїв і машину – тепловий насос, яка перенесе тепло від теплоносія з нижчою температурою до теплоносія з вищою, використавши електричну енергію на стиснення холодильного агента в компресорі.

Нині у світі працюють понад 10 млн. теплових насосів різної потужності – від декілька кіловат до сотень мегават. У США понад 30% житлових будинків обладнанні тепловими насосами. Найбільшою у світі теплонасосною станцією є Стокгольмська ТНС потужністю 320 тис.кВт. Ця станція, розташована на 6 причалених до берега баржах, використовує взимку морську воду з температурою $+4^{\circ}\text{C}$, охолоджуючи її до $+2^{\circ}\text{C}$, і забезпечує теплом Стокгольм. Собівартість теплової енергії, виробленої цією ТНС, на 20% нижча від собівартості теплоти, що виробляється у газовій котельні. За прогнозами Світового енергетичного комітету до 2020 року у передових країнах опалення та гаряче водопостачання за

допомогою теплових насосів становитиме 75%. Такий інтенсивний розвиток теплонасосної техніки обумовлений декількома причинами.

По-перше, цей спосіб отримання тепла витрачає набагато менше палива(нафти, газу, вугілля тощо) на одиницю виробленої теплової енергії порівняно з традиційними способами.

По-друге, екологічне чисте джерело тепла.

По-третє, теплові насоси корисно використовують або утилізують не використовуване іншими засобами розсіяне тепло природного (теплова енергія води, повітря, ґрунту) чи техногенного походження (тепло промислових стічних вод, відпрацьованого повітря і димових газів, інших виробничих циклів).

По-четверте, тепловий насос – це єдина машина, яка виробляє тепло з ефективністю, що сягає 800% (на 1 кВт спожитої тепловим насосом електроенергії можливо отримати від 2 до 8 кВт теплової енергії залежно від температури первинного джерела тепла та конструкції компресора).

По-п'яте тепловий насос – єдиний вид обладнання, яке дозволяє не лише нагрівати, а й охолоджувати воду для кондиціонування повітря у приміщеннях влітку.

Умовою застосування теплових насосів є використання низькопотенціального джерела тепла у вигляді природних джерел, таких як водоймища, вода з артезіанських свердловин, навколишнє повітря і навіть ґрунт, а також холодильних агентів, які дозволяють досягти високої температури їх конденсації при відносно низькому тиску у зворотному циклі Карно.

Принцип дії теплового насосу полягає у перенесенні тепла від теплоносія з низькою температурою до теплоносія з більш високою температурою.

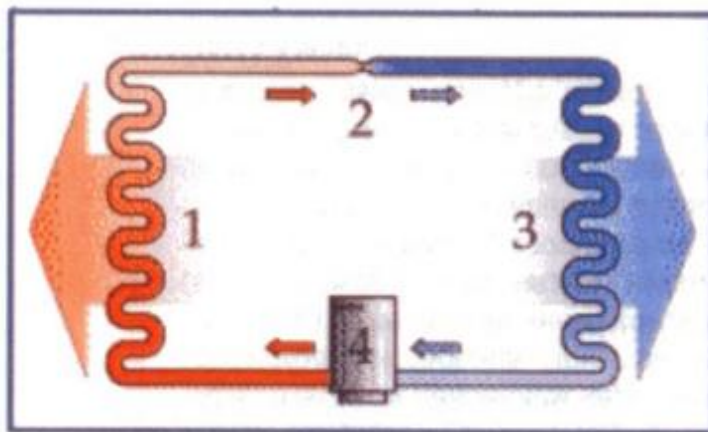


Рис. 1 Схема теплового насоса :1 – конденсатор; 2 – дросельний вентиль; 3 – випарник; 4 – компресор

Компресор працює, стискаючи холодильний агент до тиску конденсації (1,6-2,0 МПа). При цьому температура холодильного агенту сягає 90-120 С°. У конденсаторі відбувається конденсація холодоагенту при температурі 55-85 С° (залежно від типу холодильного агенту) з віддачею тепла конденсації воді, що проходить через конденсатор. При цьому температура води, що виходить із конденсатора, на 5 С° нижча за температуру конденсації, тобто температура її

становить 50-80 С°. Ця вода і подається споживачі у контур опалення чи гарячого водопостачання. У випарнику кипить холодильний агент, перетворюючись з рідини в пару за рахунок тепла первинного теплоносія. Наприклад, у випарник насосом подається вода з моря з температурою 60С, охолоджена до 10С повертається в море.

При цьому коефіцієнт перетворення енергії теплового насоса (відношення кількості виробленої теплової енергії до виконаної роботи) складає, залежно від обраного холодоагенту, рівня температури низькопотенціального джерела і типу компресора, від 2 до 8 і більше.

Крім того, у спекотний період ТНС може працювати і як холодильна машина, забезпечуючи кондиціювання повітря в тих приміщеннях, які опалювались узимку.

Широко розповсюдженим розрахунковим тиском для компресорів та апаратів є $P=1,6$ МПа. Найбільшу температуру конденсації при цьому тиску має фреон R142b. Недоліком цього фреону є низька питома продуктивність, що визначає розміри компресора, отже, і його вартість.

Порівняння продуктивності компресора теплового насоса, що працює на різних холодоагентах:

Таблиця 1.

R134a	R22	R142b	R717
1,0	1,96	0,45	2,65

З таблиці 1 видно, що при переведенні компресора з R134a на R22 його розміри зменшуються приблизно вдвічі, а при заміні R134a на R142b, його розміри збільшуються приблизно вдвічі. Заміна найбільш продуктивного R22 на R142b збільшує компресор більш ніж у чотири рази. Але слід зауважити, що чим більшу продуктивність має холодильний агент, тим меншою є температура конденсації при однаковому тиску.

Переваги теплових насосів порівняно з традиційними методами одержання тепла такі: висока енергоефективність; не потрібне традиційне паливо (газ, вугілля, нафта та ін.); не потрібне влаштування котельні, а отже, не потрібно шукати для неї місце, отримувати дозволи, сертифікати, тощо; відсутні шкідливі викиди.

Фінансові витрати на одержання тієї ж кількості теплоти втричі менші порівняно з традиційними методами (спалювання газу, вугілля, нафти).

Тепловий насос вирішує питання підтримування комфортної температури впродовж цілого року. Використання теплових насосів різної потужності дозволяє споживачеві застосовувати гнучку систему споживання тепла та гарячої води залежно від потреби. Це надає можливості використовувати їх як у котеджі, багатопверховому будинку, так і на промисловому підприємстві.

Література:

1.Голянд М.М., Малеванный Б.Н. Холодильное технологическое оборудование. – М.: Пищевая промышленность, 1977. – 335 с.

2. Курылев Е.С., Оносовский В.В., Румянцев Ю.Д. Холодильные установки. – СПб.: Политехника, 2002. – 576 с.

3. Чумак И.Г., Чепурненко В.П., Чуклин С.Г. Холодильные установки. – М.: Лёгкая и пищевая промышленность, 1981. – 344 с.

УДК № 629.425

Шайда М.А., Дубограй Д.О., студенти, Васильченко К.В., Олянюк Н.О., викладачі спеціальних дисциплін

(Україна, Кривий Ріг, Політехнічний коледж КНУ)

ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ВОДНЕВОГО ДВИГУНА, ЯК ПРОГРЕСИВНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ МАЙБУТНЬОГО

Залізничний транспорт – безумовно є одним із найважливіх транспортних галузей не лише в Україні, а й в усьому світі. У наш час складно уявити своє життя без залізниці, оскільки на ній відбуваються усі пасажирські та вантажні перевезення.

Однак залізничний транспорт, на жаль негативно впливає на нашу екосистему, тому ми пропонуємо використовувати екологічно чистий водневий двигун.

Метою даної наукової роботи є покращення екологічного стану у місті Кривий Ріг, і тим самим в країні, за рахунок впровадження водневих двигунів.

Об'єктом дослідження є водневий двигун локомотиву та екологічна ситуація на транспорті.

Предметом дослідження є принцип дії водневого двигуна; дослідження зменшення викидів залізничного транспорту.

Ідея роботи полягає в тому, щоб зменшити шкідливі викиди дизельних двигунів локомотивів шляхом впровадження нових водневих екологічних чистих двигунів.

Завдання даної наукової роботи:

- дослідження екологічного стану країни;
- систематизація екологічних даних з викидів шкідливих речовин;
- дослідження принципу роботи водневого двигуна;
- дослідження методів добування водню;
- економічна доцільність впровадження;
- аналіз відповідної навчальної та технологічної літератури;

Методи дослідження:

- порівняльний;
- контент-аналіз;
- синтезуючий;
- індуктивний;
- формулізаційний.

У науковій роботі розглянуті питання:

- екологічні проблеми пов'язані з транспортним сектором;
- види двигунів які використовуються на залізниці;

- принцип роботи водневих двигунів;
- методи добування водню;
- переваги та недоліки водневих двигунів;
- зменшення еко-податку за рахунок зниження кількості викидів шкідливих речовин тяговим рухомим складом в атмосферу.

На даній науковій роботі, ми вирішили дослідити можливі рішення стосовно покращення екологічного середовища на залізничному транспорті. Всім відомо, що вихлопні гази негативно впливають на нашу атмосферу, тому ми розглянули можливі альтернативи саме дизельному двигуну.

Оскільки повертатися на парову тягу не доцільно, ми дослідили екологічно чистий водневий двигун, технології та методики видобутку водню, та економічну доцільність впровадження у найближчій та довгостроковій перспективі.

Практичне значення

Водневий двигун допоможе покращити екологічне становище, знизити екологічний податок.

Висновок. Найкраща альтернатива дизельному двигуну – екологічно чистий водневий двигун, застосування якого позитивно вплине на екологію, екологічну складову, що безпосередньо покращить теперішнє життя та життя майбутніх поколінь.

Література:

1. Основные преимущества и недостатки водородного топлива [Електронний ресурс]. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.tesla-tehnika.biz/vodorodnoe-toplivo-nedostatki.html>.

2. Воздействие железнодорожного транспорта [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://www.eneca.by/ru_impact_of_rail_transport0/.

3. Теория и конструкция локомотивов: Учебник для вузов ж.-д. транспорта / Г.С. Михальченко, В.Н. Кашиников, В.С. Коссов, В.А. Симонов; под ред. Г.С. Михальченко. — М.: Маршрут, 2006. — 584 с.

Севостьянич Д., студент, Зельцер О.А., викладач спеціальних дисциплін вищої категорії

(Україна, Кривий Ріг, Криворізький технічний коледж НМетАУ)

ЕФЕКТИВНІ РІШЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ШЛЯХОМ ПІДВИЩЕННЯ ККД ВІДЦЕНТРОВИХ НАСОСНИХ АГРЕГАТІВ

Об'єкт розробки- «Ефективні рішення енергозбереження шляхом підвищення ККД відцентрових насосів.»

Мета: Дослідити ефективність використання спеціальних полімерних та гідрофобних матеріалів на вітчизняній і зарубіжній насосній техніці, як при введенні її в експлуатацію, так і при проведенні планових та капітальних ремонтів. - Провести аналіз ефективності використання захисного покриття в різних типах насосів, на різних робочих середовищах.

Однією із основних характеристик енерго-ефективності відцентрового насосного агрегату є ККД. ККД відображає величину втрат енергії на різних

режимах роботи насоса, визначає економічну доцільність експлуатації насоса при зміні інших його робочих параметрів (напору, подачі, потужності).

Втрати потужності у відцентровому насосі виникають внаслідок дії безлічі чинників, які можна розділити на: - гідравлічні; - об'ємні; - механічні;

Шляхи підвищення ККД відцентрових насосних агрегатів.

Гідравлічні втрати - це сумарні втрати при русі рідини по каналах, вони визначаються гідравлічним ККД. Їх умовно можна розділити на:

- втрати тертя при русі рідини в каналах проточної частини насоса які безпосередньо залежать від в'язкості перекачуваної рідини;

Численні дослідження показують наступне:

- при обертанні дисків в середовищі з необмеженим обсягом втрати потужності на дискове тертя набагато більше, ніж при їх роботі в замкнутому просторі в корпусі відцентрового насоса (внаслідок відновлення частини кінетичної енергії потоку в пазусі між колесом і стінкою корпусу);

- втрати на дискове тертя залежать від шорсткості поверхонь дисків колеса і стінок корпусу насоса;

- втрати потужності на тертя дисків є функцією від в'язкості робочого середовища.

Втрати енергії, викликані в'язкісним опором і шорсткістю поверхні і посилені ерозійно-корозійним впливом, можуть бути зменшені, за рахунок застосування захисних покриттів на поверхні гідро-насосного обладнання.

Проте, звичайні покриття мають серйозні обмеження:

- Більшість покриттів не забезпечує гладку поверхню, після застосування.
- Недостатня реологія (Пластичність) призводить до зайвої товщини плівки, що впливає на характеристики течії рідини.
- Недостатня стійкість до ерозійно-корозійних впливів.

При пошуку методу вдосконалення відцентрових насосних агрегатів враховувалися всі наявні недоліки, дані про вплив різних несприятливих факторів, зарубіжний і вітчизняний досвід.

Суть запропонованого методу полягає в нанесенні на поверхні деталей проточної частини насоса спеціальних полімерних матеріалів (в даному випадку використовували матеріали фірми «BELZONA»). Матеріали наносяться на очищені, методом дробеструйного, або піскоструминного очищення, поверхні проточної частини насоса із подальшою полімеризацією.

Аналізуючи робочі характеристики полімерного покриття, слід зазначити, що воно має хорошу адгезію з вуглецевим і нержавіючими сталями і іншими конструкційними металами, високу абразивну стійкість, як в сухих, так і у вологих умовах, стійкість до кавітації, покриття також добре зберігає робочі характеристики при температурі до 180⁰С. Відмінна стійкість покриття в воді, водних розчинах різних солей, органічному середовищі, в лужних розчинах визначає область його застосування. Використовувані для підвищення ККД полімерні покриття після полімеризації мають гладкі поверхневі покриття, гідрофобні, з низькою поверхневою енергією і з наповнювачами, що підвищують опір абразивному зношенню. Вони утворюють надгладку поверхню, яка зменшує

товщину прикордонного шару рідини і знижує внутрішню турбулентність, що призводить до збільшення гідравлічного ККД.

«Гладкість» поверхні цього типу покриття в 10 разів вище, ніж поверхні полірованої нержавіючої сталі.

Протягом терміну служби відцентрового насоса вартість спожитої енергії значно перевершує вартість самого обладнання. Отже, ефективна експлуатація насоса є вельми важливою для оптимізації експлуатаційних витрат, оскільки будь-яке збільшення ефективності перекачування рідини негайно дає економію в частині споживання електроенергії.

Данні нові енергозберігаючі технології, у випадку їх масового впровадження, дозволять в значній мірі знизити гостроту енергетичної та екологічної проблем на підприємствах.

Література:

1.Чернов, Бессеребренников « Основы теплотехники и гидравлики»: Учеб. Пособие для студентов вузов – М.: Высш. Шк., 1986,-264с., ил.

2.Никитин, Холин «Объемные гидравлические и пневматические приводы

3.Шепелев И.Г., Оборудование коксохимических заводов: Учеб. Пособие – М.:Металлургия, 1966, -332с.

4. А.В. Волков, А.Г. Парыгин, Г.П.Хованов, А.В. Наумов, Повышение эффективности работы центробежных насосов, находящихся в эксплуатации

5. www.belzona.com

УДК 621.311.24:621.311.11

Михайленко О.Ю., канд. техн. наук,

(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК НИЗЬКОЇ ПОТУЖНОСТІ У СТРУКТУРУ МІСЬКИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ

Робота присвячена дослідженню питання підвищення ефективності систем електропостачання міст та селищ за рахунок впровадження локальних вітроелектростанцій з вітроенергетичними установками (ВЕУ) низької потужності на прикладі Індустріального мікрорайону міста Кривого Рогу, що дозволить підвищити надійність і екологічність існуючих енергосистем та покращити соціальні аспекти життя населення. Порівняльний аналіз середньорічного вироблення електроенергії виконано для вітрових умов міської місцевості з урахуванням застосування ВЕУ українського і закордонного виробництва. Встановлено, що локальні вітроелектростанції можуть бути інтегровані у енергосистему міста проте собівартість виробництва електроенергії залишається на достатньо високому рівні.

Зниження залежності від імпорту видобувних паливно-енергетичних ресурсів у сучасних умовах займає провідне місце в державній політиці України. Існує декілька можливих шляхів вирішення цієї проблеми, зокрема, підвищення рівня видобування газу й вугілля або розвідку нових родовищ вуглеводнів на території держави, що потребує значних фінансових витрат. Іншим шляхом є використання відновлюваних джерел енергії – сонця та вітру. Собівартість

електроенергії, що вироблена таким шляхом, на даний час залишається достатньо високою. Проте, з одного боку постійне удосконалення технічних засобів перетворення та накопичення електроенергії, а з іншого скорочення запасів вуглеводнів позначили тенденцію до вирівнювання собівартості виробництва з застосуванням традиційних і альтернативних енергоресурсів. Зважаючи на це, останнім часом використання відновлюваних джерел електроенергії розглядається як один з найперспективніших шляхів покриття частки потреб споживачів житлово-комунального господарства. Таким чином, питання оцінки доцільності застосування локальних електростанцій для підвищення ефективності систем електропостачання міст і селищ є своєчасним і актуальним.

Викладення основного матеріалу. У якості об'єкту для проведення досліджень було обрано Індустріальний мікрорайон м. Кривого Рогу, що зумовлено особливістю його географічного розташування та щільністю забудови території міста житловими масивами. У безпосередній близькості до мікрорайону розміщені майданчики загальною площею 3,26 км², котрі придатні для розміщення достатньо високої кількості вітроенергетичних установок (ВЕУ). Для виробництва електроенергії запропоновано використовувати ВЕУ низької потужності до 20 кВт. Такий вибір обумовлений вимогами забезпечення безпечної експлуатації енергетичних агрегатів. Через наявність обертових частин у ВЕУ, вони повинні бути розміщені на відстані не менше ніж десять разів більшій ніж висота щогла на якій розташований вітрогенератор. Враховуючи, що у ВЕУ низької потужності максимальна висота щогли складає 20 м, тому вони можуть бути використані у межах територій міст і селищ. Також ВЕУ низької потужності генерують значно нижчий рівень ультразвуку, що суттєво знижує їх негативний вплив на мешканців житлових масивів.

Прилегла до мікрорайону територія умовно була розділена на східну та західну частини між якими проходить гілка швидкісного трамваю. При цьому західний майданчик містить територію сільськогосподарського призначення на якій також потенційно можна розмістити ВЕУ. У результаті дослідження проводилися для трьох територій: 1 зона – західна без території сільськогосподарського призначення, 2 зона – західна з територією сільськогосподарського призначення, 3 зона – східна територія.

Для оцінки очікуваного рівня вироблення електроенергії на визначених майданчиках виконано дослідження вітроенергетичного потенціалу. Для цього в залежності від рельєфу місцевості та віддалення завад у вигляді багатоповерхових будинків, об'єктів промислового призначення та лісосмуг було обрано 18 місць ймовірного встановлення ВЕУ та проведено серію вимірювань швидкості та напрямку вітру. Вимірювання здійснювалися п'ять разів на день протягом шести місяців з квітня по жовтень 2018 року з використанням цифрового анемометру та флюгеру. У результаті для кожної точки ймовірного розміщення ВЕУ було отримано дві вибірки довжиною 915 елементів для напрямку й швидкості вітру. Шляхом обробки експериментальних даних виконано структурну та параметричну ідентифікацію статистичних моделей щільності розподілу ймовірності виникнення швидкості вітру певного значення для трьох раніше

визначених зон. Для отримання моделей використовувалася дані з точок вимірювання, що розташовані у відповідних зонах. Встановлено, що найкращу якість апроксимації результатів вимірювань за критерієм мінімуму середньоквадратичної похибки має двопараметричний розподіл Вейбулла. Також визначено, що переважає східний та північно-східний напрямок вітру.

На наступному етапі визначено середньорічне вироблення електроенергії при встановлених вітрових умовах. Для проведення порівняльного аналізу обрано дві БЕУ потужністю 20 кВт типу WES-20 вітчизняного виробництва і MG-H20KW виробництва КНР. З використанням виразів для визначення потужності вітроустановки в залежності від її конструктивних параметрів та швидкості вітру, що наведені у [1, 2] побудовано криві потужності для кожного агрегату. Для визначення середньої потужності виконувалося інтегрування добутку щільності розподілу швидкостей вітру відповідної зони на характеристики потужності БЕУ у межах від нуля до максимальної швидкості вітру. Результати розрахунку зведені у табл. 1.

Таблиця 1 - Вироблення електроенергії у вітрових умовах мікрорайону

Територія	Середня потужність БЕУ, кВт		Середньорічне вироблення електроенергії, кВт·год/рік	
	WES-20	MG-H20KW	WES-20	MG-H20KW
Зона 1	2,454	1,452	21204,5	12547,04
Зона 2	3,435	2,033	29680,36	17562,34
Зона 3	2,74	1,621	23675,73	14009,31
Загальна територія	3,189	1,887	27557,82	16306,4

Отримані результати демонструють, що найбільше середньорічне вироблення електроенергії може бути забезпечене при розміщенні БЕУ типу WES-20 у зоні 2, на 39,9% і 25,4% вище ніж при встановленні аналогічних агрегатів у зонах 1 і 3, відповідно. При застосуванні БЕУ типу MG-H20KW виробництво електроенергії буде нижчим на 40,8% у всіх трьох зонах. БЕУ WES-20 не зважаючи на практично у двічі більшу вартість дозволяє виробляти більше електроенергії у порівнянні з аналогом при однаковій швидкості вітру. Додатково було визначено, що при застосуванні БЕУ WES-20 і MG-H20KW собівартість виробництва електроенергії становитиме 8,08 і 5,85 грн/кВт·год, відповідно.

Висновки. Результати досліджень продемонстрували, що БЕУ низької потужності можуть бути використані у структурі системи електропостачання мікрорайону. Проте для забезпечення ефективного функціонування вітроелектростанція повинна займати велику площу і собівартість виробництва електроенергії залишається достатньо високою у порівнянні з традиційною генерацією.

Подальші дослідження будуть спрямовані на визначення впливу функціонування локальної вітроелектростанції на режими роботи енергосистеми

міста та встановлення оптимальної кількості агрегатів, що можуть бути розміщені на території з найбільшим вітроенергетичним потенціалом.

Література:

1. Anaya-Lara, O. *Wind energy generation: modelling and control* / O. Anaya-Lara, N. Jenkins, J. Ekanayake, P. Cartwright, M. Hughes. John Wiley and Sons, 2009. 269 p.

2. Півняк Г. *Основи вітроенергетики* / Г. Півняк, Ф. Шкрабець, Н. Нойбергер, Д. Ципленков. Д.: НГУ, 2015. 335 с.

УДК 004.032.26:621.311

І.А.Лось, О.Ю.Михайленко, канд. техн. наук, доц.
(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОГНОЗУВАННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ У ОЕС УКРАЇНИ З ЗАСТОСУВАННЯМ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

Робота присвячена розробці та дослідженню ефективності застосування нейромережових структур при прогнозуванні енергоспоживання у об'єднаній енергетичній системі (ОЕС) України. У процесі роботи визначена оптимальна структура моделі, що забезпечує мінімальну похибку прогнозування при високій швидкості навчання штучної нейронної мережі. Отримана модель може бути застосована для дотримання балансу потужностей у регіональних та об'єднаній енергосистемах України.

Постановка проблеми, її зв'язок з науковими і практичними роботами. Під час функціонування об'єднаної енергетичної системи (ОЕС) України необхідно підтримувати баланс між виробленою і споживаною потужностями. Недотримання балансу призводить до зниження показників якості електроенергії та збільшення втрат при передачі. Значна невідповідність потужностей викликає виникнення лавини напруги або частоти, і, як наслідок, призводить до виходу з ладу ОЕС в цілому.

Для підтримання балансу потужностей потрібно змінювати рівень вироблення електроенергії потужними електростанціями. Враховуючи, що такі електростанції не можуть швидко змінювати потужність генерації, тому необхідно здійснювати прогнозування рівня споживання електроенергії для попереднього переведення енергетичних установок у необхідний режим роботи. Це дозволить забезпечити нормальне функціонування енергосистеми та зменшити можливі збитки.

Формулювання цілей, постановка задачі. Метою роботи є розробка нейромережової моделі для прогнозування енергоспоживання у ОЕС України, котра може бути використана для забезпечення нормального режиму роботи енергосистеми шляхом підтримки балансу потужностей.

Для досягнення поставленої мети в роботі виконано дослідження впливу структури нейронної мережі та формату вихідних даних на точність прогнозування.

Викладення основного матеріалу. При розробці моделі використовувалися дані щодо сумарного споживання потужності споживачами України за 2017–2018 роки, котрі наведені у [1]. Навчальна вибірка містила 12000 елементів, тестова – 4000.

У якості базової структури ШНМ прийнятий багатошаровий персептрон, котрий вважається [2] найбільш гнучкою архітектурою для побудови прогнозуючих моделей. Структурна ідентифікація ШНМ здійснювалася шляхом зміни кількості прихованих шарів та числа вузлів у них. При цьому визначалися швидкість навчання та похибка моделі при фіксованій кількості епох. Навчання штучної нейронної мережі було здійснено за допомогою методу зворотного розповсюдження помилки.

Також було досліджено процес навчання ШНМ при двох форматах представлення часових даних. У першому випадку нейронна мережа має один вхідний нейрон, який приймає на вхід дату в UNIX-форматі. У другому – ШНМ містить вхідний шар з чотирма нейронами на які окремо подається час, день, місяць та рік. Обидва формати тестувалися в звичайному та нормованому вигляді.

Отримані результати та висновки. При проведенні обчислювальних експериментів було встановлено, що ШНМ з одним прихованим шаром, яка містить 8 нейронів дала найкращі результати при прогнозуванні. Похибка всієї моделі, на навчальній вибірці склала 0,4%, на тестовій – 4,2%.

Література:

1. Єдиний державний веб-портал відкритих даних. Погодинний баланс потужності ОЕС України [Електронний ресурс] / Єдиний державний веб-портал відкритих даних Режим доступу до ресурсу: <https://data.gov.ua/dataset/31199018-e15e-4e87-bf5e-2a4293151f5c>.

2. Хайкин С. Нейронные сети / С. Хайкин. Москва: Вильямс, 2006. 1104 с.

Секція 3. Гірнича електромеханіка і обладнання

УДК 681.5.015:621.313.33

Р.С.Івакін, С.В.Печений, С.Т.Толмачов, докт.техн.наук.,проф.
(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

ВІДПОВІДНІСТЬ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОДВИГУНА І НАВАНТАЖЕННЯ ЯК ОДНА З ВИМОГ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ

На прикладі недовантаженого короткозамкненого асинхронного двигуна розглянута доцільність його заміни двигуном меншої потужності. Показано, що при навантаженні менше 50 % від номінального така заміна створює вагомий потенціал енергозбереження. Але його практична реалізація неможлива без вирішення проблеми надійного визначення реального навантаження двигунів, особливо в умовах експлуатації. Розглянуто сучасний стан і перспективи вирішення даної проблеми.

Електродвигуни є основними споживачами електроенергії. У світі в різних галузях виробництва задіяно більше 7 млрд. електричних двигунів, серед яких асинхронні двигуни (АД) є найбільш масовими. Їх доля в світовій номенклатурі

двигунів складає біля 90 %, а за потужністю – більше 50 %. Разом з тим енергетичні показники АД середньої потужності (ККД і коефіцієнт потужності) недостатньо високі і можуть додатково суттєво зменшуватися при недовантаженні. Тому у контексті актуальної для України проблеми підвищення енергоефективності, особливо в умовах постійного зростання вартості енергоресурсів, саме з АД пов'язують один з найбільш вагомих і практично не реалізованих потенціалів енергозбереження.

Реалізація цього потенціалу має два основні напрямки: 1– заміна старого парку АД на нові модифікації з поліпшеними енергетичними характеристиками; 2 – приведення у відповідність потужності двигуна і навантаження, тобто забезпечення по можливості таких коефіцієнтів навантаження АД k_n , при яких їх енергетичні показники максимальні (як правило, $k_{\text{нопт}} = 0,7 \div 0,75$). У даній публікації основний акцент зроблено на другому напрямку проблеми.

На жаль, якщо у європейській практиці коефіцієнт навантаження $k_n \cong 0,6$, то в нашій державі він значно нижчий і знаходиться в межах $0,3 \div 0,5$ [1]. При цьому реальний ККД може на 10 % і більше відрізнятись від максимального.

Слід зазначити, що нормативні документи Міністерства палива і енергетики України рекомендують при коефіцієнті навантаження АД в межах $(0,4 \div 0,5) < k_n < (0,7 \div 0,75)$ підтверджувати доцільність використання АД відповідними техніко-економічними розрахунками, а при $0 < k_n < (0,4 \div 0,5)$ необхідна заміна двигуном меншої потужності. Відносно прості розрахунки показують, що приведення у відповідність параметрів АД і навантаження може в масштабах України забезпечити річний економічний ефекти у декілька десятків мільярдів грн. При цьому забезпечуються додаткові переваги, пов'язані з більш економічним режимом споживання реактивної енергії.

Розглянемо доцільність заміни недовантаженого двигуна двигуном меншої потужності на прикладі короткозамкненого АД АИР315М2. Двигун має наступні номінальні дані: потужність $P_n = 200$ кВт; ковзання $s_n = 0,0083$; ККД $\eta_n = 94,8\%$; $\cos \varphi_n = 0,92$; початкова ціна $C_0 = 116\,940$ грн.; строк амортизації $T_{\text{ам}} = 20$ років; строк служби до модернізації $T_{\text{мод}} = 15$ років; річна норма амортизації $p_a = 6,4\%$.

Оптимальне навантаження двигуна визначається співвідношенням постійних K і змінних V_n втрат потужності у номінальному режимі. Ці втрати визначаються відомими співвідношеннями [2]:

$$V_n = M_n \omega_n s_n (1 + k_R) = 642 \cdot 314 \cdot 0,0083 \cdot (1 + 2,5) = 5\,857 \text{ Вт},$$

де: $M_n = P_n / \omega_n = 200\,000 / 311,4 = 642$ Нм – номінальний момент;

$\omega_n = \omega_0 (1 - s_n) = 314 (1 - 0,0083) = 311,4$ рад/с – номінальна кутова швидкість;

$k_R = R_1 / R_2' \cong 2,5$ – відношення активних опорів статора і ротора;

$\Delta P_n = \Delta P_n = P_n (1 - \eta_n) / \eta_n = 200\,000 (1 - 0,948) / 0,948 = 10\,970$ Вт – повні втрати потужності в двигуні;

$$K = \Delta P_n - V_n = 10\,970 - 5\,857 = 5\,113 \text{ Вт}.$$

Оптимальне навантаження двигуна [2]

$$k_{n,\text{опт}} = \sqrt{K / V_n} = 0,934,$$

а ККД при цьому: $\eta = k_n P_n / (k_n P_n + K + k_n^2 V_n) = 0,934 \cdot 200\,000 / (0,934 \cdot 200\,000 + 5\,113 + 0,934^2 \cdot 5\,857) = 0,948$.

Залишкова вартість двигуна $C_{\text{зал}} = C_0(1 - T_{\text{мод}}/T_{\text{ам}}) = 116\,240(1 - 15/20) = 29\,060$ грн.

Строк окупності при заміні двигуна розглянемо для коефіцієнтів навантаження $k_n = 0,225; 0,45; 0,665, 0,8$ і часу роботи двигуна за рік $T_p = 1\,500, 3\,000, 4\,500$ і $6\,000$ год. Термін окупності розраховуємо за формулою [2]

$$T_{\text{ок}} = (K_{\text{нов}} + C_{\text{зал}}) / (c_e T_p \Delta P_{\text{ек}} + C_0 - C_{\text{нов}}) p_a,$$

де $K_{\text{нов}} = 1,35 C_{\text{нов}}$ – капітальні витрати по встановленню нового двигуна з урахуванням демонтажу старого, а також монтажу, транспортування та пуско-налагоджувальних робіт по новому двигуну, $c_e = 1,68$ грн/кВт·год – вартість одиниці енергії за одноставочним тарифом. Таким чином,

$$T_{\text{ок}} = (1,35 C_{\text{нов}} + C_{\text{зал}}) / (1,68 \cdot T_p \cdot \Delta P_{\text{ек}} + C_0 - C_{\text{нов}}) \cdot 0,064.$$

Результати розрахунків зведено в таблицю.

Таблиця 1 – Результати розрахунку строків окупності при заміні двигуна АИР315М2 двигунами меншої потужності

Показник навантаження	$k_n = 0,225$	$k_n = 0,45$	$k_n = 0,665$	$k_n = 0,8$
Потужність навантаження при заданому k_n , кВт	45	90	132	160
Втрати потужності у двигуні, що замінюється, кВт	10,97	10,97	10,97	10,97
Двигун для заміни серії АИР:	200L2	250M2	280M2	315S2
Втрати потужності у новому двигуні в номінальному режимі, кВт	3,649	5,847	6,683	9,133
Вартість нового двигуна $C_{\text{нов}}$ (з урахуванням НДС), грн.	24 547	43 600	63 135	108 244
Зниження втрат потужності при заміні $\Delta P_{\text{ек}}$, кВт	7,321	5,123	4,287	1,837
Строк окупності (років): при $T_p = 1\,500$ год. за рік	2,55	4,99	8,01	33,77
при $T_p = 3\,000$ год. за рік	1,45	2,88	4,56	17,85
при $T_p = 4\,500$ год. за рік	1,017	2,026	3,19	12,135
при $T_p = 6\,000$ год. за рік	0,782	1,562	2,45	9,19

Як видно з отриманих даних, високий термін окупності (менше одного року) забезпечується при $k_n = 0,225$ і $T_p = 6\,000$ год, що відповідає наведеним вище рекомендаціям. Прийнятний термін окупності (близько 1,5 років) маємо також при $T_p = 3\,000$ год. Це говорить про безумовну необхідність заміни встановленого двигуна на двигун значно меншої потужності. Менш виражений, але очікуваний ефект спостерігається при коефіцієнті $k_n = 0,45$. У даному випадку заміна рекомендується при $T_p = 6\,000$ год. і, можливо, $T_p = 4\,500$ год.

Зазначимо, що при $k_n = 0,225$ і $T_p = 6\,000$ год. зниження втрат потужності $\Delta P_{\text{ек}} = 7,321$ кВт забезпечує річну економію електроенергії приблизно 74 тис. грн,

що майже втричі перевищує вартість нового двигуна АИР200L2. Ще більш високі показники економічної вигоди мають місце при впровадженні енергоефективних АД, для яких за літературними даними вартість електроенергії в долі загальних витрат за життєвий цикл складає біля 97 %, витрати на ремонти і обслуговування – біля 1,5-2 %, а початкова вартість лише 1-1,5 %!!!

Наведений аналіз переконливо свідчить про велику актуальність проблеми відповідності споживаної потужності двигуна і навантаження. На практиці ефективне вирішення цієї проблеми пов'язане з багатьма ускладнюючими факторами (несиметричність та несинусоїдальність напруги, низька якість ремонтів, інколи непрофесійний підхід до вибору двигуна, використання нераціональних технологій, наявність на підприємствах значної кількості АД застарілих типів тощо). Ще одна важлива у науково-технічному відношенні задача полягає у складності надійного визначення реального навантаження двигунів, особливо в умовах експлуатації. Для встановлення відповідності параметрів АД і навантаження найчастіше використовують зв'язок між крутним моментом M , потужністю на валу АД P_2 і частотою його обертання ω : $M=P_2 \cdot \omega$. Але якщо вимір споживаної потужності P_1 і частоти обертання ω не є технічно складною проблемою, то визначення моменту (ККД, потужності P_2), особливо на обертових валах в умовах експлуатації, є складним технічним завданням [3].

В останні десятиліття успіхи інтегральної електроніки стимулювали підвищення інтересу дослідників до цієї проблеми. Найбільш активно на сьогодні використовуються датчики моменту на тензорезисторах [4]. Ряд закордонних фірм запропонували на зовнішній ринок великий спектр датчиків крутного моменту з високими технічними параметрами та функціональними можливостями. Але, на жаль, висока вартість цих пристроїв є суттєвою перешкодою на шляху їх широкого впровадження. Тому задача розробки недорогих та доступних для широкого практичного використання пристроїв при збереженні прийнятних параметрів точності, надійності та універсальності залишається актуальною.

Одним з новітніх напрямків вимірювання крутного моменту є використання поверхневих акустичних хвиль (ПАХ) [5]. У виробництво і використання цих пристроїв включилися потужні закордонні корпорації Honeywell, Michelin, Texas Instruments і ряд інших компаній. ПАХ-датчики мають ряд важливих переваг: відсутність джерел живлення, бездротове з'єднання з опитуваним пристроєм, малі розміри і маса, захищеність від зовнішніх впливів, слабка чутливість до вібрацій, відсутність операцій калібрування і обслуговування у споживача, малі розміри і можливість установки в різних точках агрегату, стійкість до корозії, проста технологія установки, отримання результатів вимірювань в режимі технологічного процесу, можливість роботи в агресивних середовищах з температурою до 250 °С, великий термін служби; низька ціна і комерційна доступність.

Висновки.

1 Одним з основним напрямків енергозбереження при експлуатації короткозамкнених АД є ефективне вирішення задачі узгодження потужності двигуна і навантаження.

2 Сучасні досягнення в галузі мікроелектроніки і розробка високоефективних тензорезисторних датчиків забезпечують практичну реалізацію безконтактного вимірювання моменту на валах працюючих електродвигунів як найбільш точного і конструктивного методу виміру навантаження на валу АД в реальному масштабі часу. Разом з тим слід відзначити велику вартість датчиків, деякі труднощі при їх встановленні та експлуатації, суттєву залежність типу датчиків від параметрів машини, що обмежує їх широке використання.

3 Потужною альтернативою тензорезисторним датчикам у найближчі роки може стати система вимірювання силових характеристик на основі поверхнево-активних хвиль (ПАХ). Переваги ПАХ-датчиків відкривають широкі можливості для їх масового використання, у т.ч. при вирішенні проблеми енергозбереження при експлуатації АД.

Література:

1. І. Ильинский Н.Ф., Москаленко В.В. *Электропривод: энерго- и ресурсосбережение. / Учебное пособие для студентов высших учебных заведений.* – М.: Академия, 2008. – 208 с.

2.Повышение энергоэффективности при замене малозагруженных электродвигателей. – *Режим доступа: <http://scientificjournal.ru/images/PDF/2017/VNO-30> /povyshennie-energoeffektivnosti.pdf*

3.Толмачов С.Т. Система безконтактного виміру моменту на валу електродвигунів в умовах експлуатації / С.Т. Толмачов, І.М. Бурчак // Вісн. Кривор. нац. універ. Зб. наук. праць. – 2017. – Вип. 44. – С. 131-137.

4.Мехеда В.А. Тензометрический метод измерения деформаций: учеб. пособие / В.А. Мехеда //– Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2011. – 56 с.

5.Елисеев Н. Элементная база электроники: Перспективные ПАВ-датчики Transense/Honeywell // *Электроника: Наука, Технология, Бизнес.* 2008. № 1.

Д.О.Лебеденко, І.В. Приступа викладач спеціальних дисциплін
(Україна, Криворізький технічний коледж Національної металургійної академії України)

ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ МАСТИЛ ХОЛОДИЛЬНО-КОМПРЕСОРНИХ МАШИН

Необхідною умовою правильної роботи компресора є забезпечення належного змащування всіх рухомих частин та використання мастила, яке відповідає певній конструкції компресора, типу холодоагенту, діапазону робочого тиску і температури компресора.

Мастило в компресорі холодильної установки повинно виконувати два основні завдання, правильна реалізація яких є запорукою його тривалої експлуатації в установці:

- забезпечення належного змащування всіх спряжених механічних частин(зменшення втрат через тертя);
- відведення тепла від частин із високим термічним навантаженням(охолодження).

У тому разі, коли мастило охолоджує дуже мало, з метою зниження температури холодоагенту, що нагнітається, застосовується вприскування агенту

під пластину клапана або безпосередньо у циліндри при дуже великій різниці тисків (системи demand-cooling, C і C1, FLI).

До мастил, що переважно застосовуються у компресорах холодильних установок, висувається ціла низка вимог, виконання яких ускладнюється тим фактом, що мастило в холодильній установці міститься не тільки в компресорі, але в невеликих кількостях і в інших елементах установки. Внаслідок цього мастило безпосередньо контактує з холодоагентом у широкому діапазоні робочого тиску і температур компресора.

У таких умовах мастило для компресорів холодильних установок повинно мати цілу низку властивостей, серед яких можна, зокрема, виділити такі: -чистота, добрі мастильні властивості, в'язкість та плинність при високих і низьких температурах; висока термічна і хімічна стабільність для всього діапазону параметрів роботи установки (низькі температури застигання та помутніння, високі температури займання та розкладання); відсутність негативного впливу на конструкційні матеріали установки та холодоагенти; добра змішуваність з холодоагентами; низька гігроскопічність.

Ознакою чистоти мастильного засобу відразу після виробництва є насамперед його колір та прозорість. Помутніння та потемніння мастила свідчить про наявність механічних забруднень (пил, продукти хімічної реакції тощо). Мастило для компресорів холодильних установок повинно містити якнайменше смоли, асфальтів, попелу, парафінів та коксу. Свідченням ступеню рафінування є кислотне число, це число має особливе значення для герметичних і напівгерметичних компресорів, проведені протягом останніх років дослідження показали, які концентрації кислот можуть призвести до пошкодження обмотки двигуна компресора.

Мастильні властивості, в'язкість, плинність є параметрами, які гарантують утворення масляної плівки на поверхнях, що труться, та збереження умов повернення мастила до компресора. У холодильних установках застосовується мастило із значенням індексу кінематичної в'язкості від 22 до 100 мм²/с занадто висока в'язкість призводить до значного збільшення тертя, а занадто низька може спричинити зношення рухомих частин компресора. Тому зі зниженням температури випаровування необхідно використовувати мастило з усе меншим значенням індексу кінематичної в'язкості. Низькі температури застигання та помутніння також є характерними рисами, які повинно мати мастило для холодильних установок.

При низьких температурах осаджаються частинки парафінів, що ускладнює повернення мастила до компресора, закупорюються мастильні канали та елементи ТРВ. У низькотемпературній частині холодильної установки, особливо у випарнику, може відбуватися осідання мастила на стінках апаратів. Це значною мірою ускладнить теплообмін між холодоагентом і середовищем і практично унеможливить відведення мастила з таких апаратів.

Низька гігроскопічність мастила – це ще одна риса, яку повинно мати холодильне мастило. Наявність води в холодильній установці погіршує мастильні властивості, сприяє утворення кислот, які призводять до корозії установки.

Нерозчинність мастила у холодоагенті є дуже бажаною, оскільки тоді не виникають явище спінювання мастильного засобу в картері при зниженні тиску і проблеми зі зміною його в'язкості. У свою чергу для уможливлення повернення мастила до компресора здатність мастила утворювати розчини з холодоагентом у повному діапазоні робочих температур установки є безумовною перевагою. Однак слід пам'ятати про факт появи ділянок обмеженої змішуваності. Вони виникають при критичних температурах. Тому добір мастила, що відповідає холодоагенту, має ключове значення.

У таких рішеннях основне завдання мастила, а саме, забезпечення змащування частин, які механічно співпрацюють, та відведення тепла тертя, доповнюється охолодженням привідного двигуна, розміщеного всередині корпусу герметичного компресора. Двигун і компресор працюють в атмосфері розчину агента і мастила, які всмоктуються у циліндр компресора. У такий спосіб мастило потрапляє до холодильного контуру, а його частка в холодоагенті становить близько 10%.

Серед холодоагентів можна виділити такі, що практично не змішуються з мастилами в розчині. У перших з них мастило можна механічно відділити такі, що практично не змішуються з мастилами, і такі, що утворюють з мастилами розчини. У перших з них мастило можна механічно відділити від агента і в майже чистому вигляді повернути назад до компресора. У другій групі агентів відокремленню підлягає розчин мастила з агентом, а після цього до компресора разом з мастилом повертається також холодоагент.

Ця здатність утворювати розчини призводить до того, що збільшується здатність проникнення агента через нещільності установки, а також обов'язково відбувається (для досягнення заданої температури випаровування) утворення у випарнику тиску, нижчого за потрібний при чистому агенті, проте утворення мастила з апаратів установки до компресора.

Загалом у мастилі розчиняється тим більше холодоагенту, чим вищим є тиск та чим нижча температура розчину, причому вплив тиску набагато більший за вплив температури. У зв'язку з цим під час роботи компресора в мастилі знаходиться мало агента, натомість його кількість значно зростає під час зупинки. Це явище має наслідком те, що під час запуску компресора, коли тиск у картері швидко падає, у мастилі з'являється значний надлишок агента, який перевищує стан рівноваги.

В такій ситуації агент швидко випаровується, причому це випаровування є настільки інтенсивним, що відбувається сильне спінювання мастила, яке тоді у великій кількості потрапляє у компресор, що може спричинити всмоктування мастила у циліндр та його пошкодження. Цьому явищу можна запобігти застосуванням нагрівачів картера компресора і систем попереднього вакуумування компресора перед вимкненням.

Другий метод полягає в тому, щоб перед зупинкою компресора з низьконапірного боку установки створити дуже низький тиск, через що майже повністю з нього буде видалений холодоагент. Відбувається це таким чином, що

термостат вимикає електромагнітний клапан на лінії рідини, а компресор працює до того часу, поки автоматичний пресостат низького тиску не вимкнеться.

Циркуляція мастила в холодильній установці розпочинається в компресорі, де (залежно від типу конструкції компресора) частина мастила підхоплюється паром холодоагенту і з нею розповсюджується каналами установки.

Для повернення мастила до компресора виникають різні перешкоди, тому в першу чергу намагаються забезпечити, щоб якомога менше мастила виносилося з компресора, завдяки поєднанню всмоктувальної камери разом із потоком агенту, яка накопичилася в картері компресора, що призводить до спінювання мастила.

Типи мастил і їх застосування з окремими холодоагентами.

Поділ холодильних мастил за критерієм призначення:

КАА – мастила, нерозчинні в аміаку,

КАВ – мастила, розчинні в аміаку,

КС – мастила для агентів груп CFC і HCFC,

КД – мастила для агентів груп FC і HFC. Літера W означає наявність присадок.

Мастила, що застосовуються в холодильній техніці, можна поділити на мінеральні, синтетичні та напівсинтетичні.

Мінеральні мастила отримують у результаті переробки нафти шляхом її дистиляції та рафінації. Розрізняють парафінові та нафтові мастила. Парафінові мастила використовують у турбокомпресорах. З традиційними холодоагентами використовують нафтові мастила.

Синтетичні мастила. Необхідність упровадження холодоагентів, які не містять хлору, змусила виробників розробити підходящі синтетичні мастила, що виробляються на основі вуглеводнів. У цій групі можна виділити: алкілбензоли, поліальфаолефіни, полігліколи, поліефіри кремнієвої кислоти. Поліальфаолефіни – це мастила, властивості яких наближаються до мінеральних мастил. Найчастіше їх використовують у каскадних системах та у гвинтових компресорах теплових насосів, які мають велике навантаження.

Силіковані мастила часто використовують в каскадних системах у температурному режимі від – 140 до – 70 С.

Алкілбензоли АВ характеризуються доброю розчинністю у хлоропохідних агентах і в аміаку R717, найчастіше застосовуються з холодоагентами R402A, R401A, R408A.

Поліалкіленгліколи застосовуються в установках з холодоагентами R 134a і в аміачних установках.

Література:

1.Голянд М.М., Малеванный Б.Н. Холодильное технологическое оборудование. – М.: Пищевая промышленность, 1977. – 335 с.

2.Курылев Е.С., Оносовский В.В., Румянцев Ю.Д. Холодильные установки. – СПб.: Политехника, 2002. – 576 с.

3. Чумак И.Г., Чепурненко В.П., Чуклин С.Г. Холодильные установки. – М.: Лёгкая и пищевая промышленность, 1981. – 344 с.

А.О.Почеп, В.О.Путілов, Ю.О.Маліновський, к.т.н., викладач, С.Л.Цвіркун, к.т.н., викладач
(Україна, Кривий Ріг, Криворізький коледж національного авіаційного університету)

ВИБІР ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ПРУЖНИХ МУФТ В ПРИВОДАХ РУДОРІЗМЕЛЬНИХ МЛИНІВ

Розглянуто динамічну розрахункову схему млина та приводу. Складено спрощену систему рівнянь руху барабана, приводу і двигуна, з використанням нелінійної пружної муфти. Визначено коефіцієнт динамічності, який характеризує перевищення коливань максимального навантаження над встановленим навантаженням для зниження динамічних навантажень в електроприводах електромеханічних систем.

Великі рудорозмельні, сировинні, цементні млини, конусні дробарки та інші машини працюють в інтенсивних технологічних режимах, які супроводжуються значними динамічними навантаженнями. Ці навантаження виникають при підготовці початкової сировини і передаються від виконавчого механізму важкої машини елементам приводу (відкрита зубчаста передача, редуктор, електродвигун), що призводить до їх підвищеного зносу і передчасного руйнування.

Особливість електроприводу рудорозмельного млина полягає в тому, що в складних, в динамічному відношенні, електромеханічних системах включені пружні ланки з малим коефіцієнтом жорсткості, які істотно погіршують режим роботи електромеханічної установки. Однією з найважливіших проблем є наявність низькочастотних коливань, що роблять негативний вплив на довговічність елементів системи і на надійність зчеплення приводних барабанів з тяговим органом. Таку проблему можна розв'язати за допомогою зниження рівня динамічних навантажень.

Основною причиною динамічних навантажень механізмів є інтенсивні повторно-короткочасні режими роботи у складних умовах при наявності пружних механічних зв'язків, зазорів та недостатньої досконалості електромеханічної системи з приводним двигуном. Пружні механічні коливання в переважній більшості випадків негативно впливають на роботу електроприводу, викликаючи підвищення динамічних навантажень, зменшення точності роботи механізму, появу механічних вібрацій і небезпечних резонансних явищ. У той же час дослідженнями встановлено, що під час певних поєднаннях конструктивних параметрів, електропривод ефективно демпфує пружні механічні коливання.

Вплив динамічного навантаження на нормальну роботу приводу рудорозмельного млина очевидно, і зниження цього впливу представляє практичний інтерес. Для цього потрібно встановити залежності, які визначають оптимальні параметри електромеханічної системи млина, для забезпечення

зниження динамічних навантажень на приводному валу електродвигуна, які виникають через коливальні процеси в млині. Нині робіт з цієї проблеми не так багато. Для ефективного зниження рівня цих навантажень розглянемо можливість використання пружних муфт променевого типу (які застосовуються в приводах рудорозмельних млинів) і визначимо умови раціонального вибору їх параметрів [1, 2]. Вважатимемо, що розрахункова схема машини представлена у вигляді двомасової коливальної системи: робоча машина - привод (рис. 1).

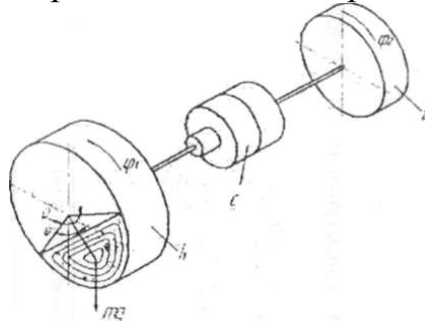


Рис.1. Динамічна розрахункова схема млина і приводу:
 Ω - центральний кут рудного завантаження; tg - сила тяжіння рудного завантаження; c - жорсткість приводної муфти.

На рис. 2 приведена двомасова розрахункова схема електромеханічної системи рудорозмельного млина.



Рис. 2. Розрахункова схема електромеханічної системи рудорозмельного млина

Спрощена система рівнянь руху барабана, приводу і двигуна за рис. 2, у разі нелінійної пружної муфти, що має м'яку характеристику:

$$\begin{cases} Y_1 \varphi_1 + C(\varphi_1 - \varphi_2) = M_y \\ Y_2 \varphi_2 + C(\varphi_2 - \varphi_1) = M_d \end{cases} \quad (1)$$

де c – жорсткість зв'язку між барабаном млина та електродвигуном;
 φ_1, φ_2 - відповідно кути повороту млина та двигуна; M_d - момент двигуна.

Нелінійна муфта має білінійну характеристику (рис. 3).

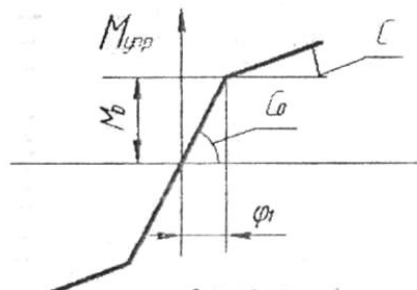


Рис. 3. Механічна характеристика приводної муфти

Можна показати, що пружний момент муфти під час переходу через точку зламу характеристики матиме вигляд:

$$M_{упр} = M_{ном}(1 + \sqrt{n + (1-n)(1-m_0)^2} \sin(k_z + \alpha)), \quad (2)$$

де, $n = \frac{C_2}{C_1}$ - коефіцієнт злomu характеристики муфти;

$m_0 = \frac{M_0}{M_{ном}}$ - відносний момент, що передається муфтою;

M_0 - момент настройки муфти вибирається в діапазоні від 1.1 до 1.25 від номінального моменту на муфті.

Визначаючи максимальне значення моменту

$$M_{упр \max} = M_{ном} \cdot (1 + \sqrt{n + (1-n)(1-m_0)^2})^2 \quad (3)$$

відношення $M_{упр \max}$ до $M_{ном}$ дає значення коефіцієнта динамічності, який характеризує перевищення коливань максимальної навантаження над встановленим навантаженням

$$k_q = \frac{M_{упр \max}}{M_{ном}} = (1 + \sqrt{n + (1-n)(1-m_0)^2})^2 \quad (4)$$

Вираз для k_q показує, що при $n > 1$ (муфта з жорсткою характеристикою) криві $k_q(m_0)$ - є еліпсами з осями $k_q=1$; $m_0=1$. При $n < 1$ (муфта з м'якою характеристикою) криві $k_q(m_0)$ - представляють гіперболи з тими ж осями, що і у еліпсів. Коефіцієнт зламу характеристик $n = c_2/c_1$ вибирається згідно параметрів процесу (див. рис. 4), а параметри муфти c_2 и c_1 вибираються згідно з даними роботи [1].

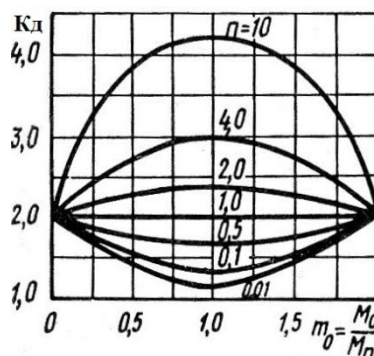


Рис. 4. Вплив коефіцієнта зламу n і відносного моменту M_0 на коефіцієнт динамічності k_q , $n=1$ – звичайна лінійна муфта

Отже, отримані результати дослідження електромеханічної системи свідчать про можливість зниження динамічних навантажень в електроприводах і рекомендуються для практичного застосування при проектуванні електроприводів і оптимізації параметрів систем при модернізації діючого рудорозмельного обладнання.

Література:

1. Смирнов В.В., Яковлев Р.А. Механика приводов прокатных станов. – М.: Металлургия, 1977. – 216с.

2. Потураев В.Н., Малиновский Ю.А., Малиновская С.И. Исследование влияния динамических антивибраторов на повышение надежности приводов рудоразмельных мельниц.

УДК № 625.1/.3

І.О.Чумаченко, К.В.Васильченко, викладач спеціальних дисциплін Н.О.Олянюк, викладач спеціальних дисциплін
(Україна, Кривий Ріг, Політехнічний коледж Криворізького національного університету)

“ACCUGRADE” – БУДУВАТИ МОЖУТЬ ВСІ

Актуальність дослідження: застосування нових технологій для підвищення ефективності та продуктивності будівельної техніки.

Предметом дослідження: є система CROSS SLOPE (поперечний ухил) та доповнюючі системи: Sonic, Laser, UTS, GPS.

Мета роботи: на основі аналізу технічних, економічних характеристик пропонуємо встановлення та використання цих систем на будівельних машинах.

При будівництві нових автошляхів, залізничної колії, аеродромів та площадок для споруд витрачається багато коштів, а найбільше капіталу йде на: розбивку площадки, геодезичні роботи, прокладання дренажної системи, зведення земляного полотна і все це за допомогою важкої техніки як бульдозери, автогрейдери, скреперів, екскаваторів.

Щоб об'єднати всі ці процеси і полегшити роботу при будівництві, пропонується використання системи - AccuGrade.

AccuGrade - це система автоматичного керування робочим органом машини котра дозволяє підтримувати робочий орган машини на проектній відмітці в автоматичному режимі. AccuGrade включає в себе базову систему CROSS SLOPE (поперечний ухил) і доповнюється системами: Sonic, Laser, UTS і GPS.

Sonic - це ультразвукова система автоматичного керування відвалу яка контролює висотну точку, що до опорної поверхні, бордюру, нівелювальної струни.

Laser - найточніша система яка передає точні данні про положення відвалу в кабіну водія з точністю до 6,35мм.

UTS - автоматична система високоточного динамічного позиціонування, яка стежить за робочими органами машини за допомогою тахеометра, що передає данні про положення відвалу в 3D моделі.

GPS - це система за допомогою якої електронний блок управління порівнює поточне положення відвалу або ківшу з тривимірною моделлю і підтримує висотну відмітку між двома пікетами і показує глибину занурення.

Підходячи до аналізу технічних і економічних характеристик та висновку при використанні цих систем ми отримуємо: більш точніше, швидше та надійне будівництво земляного полотна і площадки; збільшення продуктивності до 50%; підвищення ефективності машини на 40%; зменшення кількості помилок і переробок; скорочення геодезичних та перевірочних робіт до 90%; зменшення

кількості працівників, яким необхідно перебувати поруч з важкою будівельною технікою під час виконання робіт, що підвищить безпеку праці.

Література:

1. Основные преимущества и недостатки водородного топлива [Электронный ресурс]. – 2017. – Режим доступа до ресурсу: https://www.zeppelin.ua/industry/automatic_control/accugrade/.

2. Воздействие железнодорожного транспорта [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://sitehcs.com/index.php/cat-accugrade/>.

УДК.622.233

А.К.Бакуменко, В.В.Кучма, канд. техн. наук, доц.

ВЛИЯНИЕ МАССЫ НА КОНЦЕ БУРОВОГО СТАВА НА ЧАСТОТУ ЕГО СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ

Практика эксплуатации станков шарошечного бурения типа СБШ-250 показывает, что часто при бурении крепких трещиноватых пород может возникать весьма интенсивная вибрация става штанг. Предположительно причиной резкой интенсификации вибрации является возникновение резонанса в канатно-полиспастной системе подачи бурового става. При этом многие авторы отмечают, что поперечные колебания става буровых штанг усиливаются скачкообразно.

Ранее отмечалось, что буровой став формируется из отдельных штанг, каждая из которых имеет дебаланс от разностенности трубных заготовок для штанг, неточности их изготовления и монтажа. При вращении разбалансированного става штанги возникает распределенная центробежная сила, частота которой равна частоте вращения бурового инструмента и которую целесообразно рассматривать как возмущающую силу. Для предотвращения резонансов необходимо знать так называемые собственные значения упругих систем бурового става и мачты станка (частоты и формы собственных колебаний). Влияние же конструктивных особенностей упругих систем станка на режимы его работы исследованы недостаточно. В частности, не рассматривалось влияние вращателя как сосредоточенной массы на частоту и формы собственных колебаний бурового става.

Будем рассматривать став штанг как однородный упругий стержень с распределенной массой. Нижний конец става закреплен шарнирно (долото в скважине). На верхнем конце закреплена сосредоточенная масса m (вращатель бурового става). Вращатель установлен на салазках, которые с направляющими образуют зазор, позволяющий предположить, что он сопоставим с амплитудой поперечных колебаний верхнего конца. Массу единицы длины става (погонную массу) обозначим – μ . Изгибная поперечная жесткость штанг става – EJ (E – модуль Юнга H/m^2 , J – момент инерции поперечного сечения относительно нейтральной оси, m^4 , l – длина става, м.)

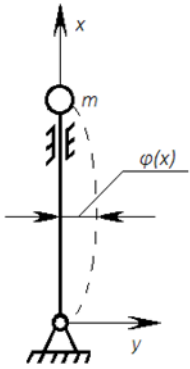


Рис.1

Массу вращателя на основе конструктивного решения можно выразить как долю массы става $m = \frac{\mu l}{n}$. Тогда погонную массу става с вращателем можно представить в виде $\mu(\frac{n+1}{n})$.

Уравнение свободных поперечных колебаний става как однородного длинного стержня постоянной жесткости имеет вид [1]:

$$\frac{EJn}{\mu(n+1)} \frac{\partial^4 y}{\partial x^4} + \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = 0 \quad (1)$$

Обозначим $\varphi(x)$ – функцию, устанавливающую закон распределения амплитудных отклонений точек оси стержня от оси вращения – форму главного колебания, которая еще называется главной формой. Ограничимся первой формой из множества возможных (первой гармоникой)

Решения дифференциального уравнения (1) будем искать в простейшей форме гармонического закона:

$$y(x, t) = \varphi(x) \sin(pt + \alpha) = 0 \quad (2)$$

Чтобы получить уравнение собственных форм (форм стрелы прогиба) става подставим (2) в (1). После сокращения на $\sin(pt + \alpha)$ получим:

$$\frac{\partial^4 \varphi}{\partial x^4} - k^4 \varphi(x) = 0, \quad (3)$$

$$\text{где } k^4 = \frac{\mu p^2}{EJ}$$

Общее решение (интеграл) уравнения (3) можно представить, как сумму всех возможных частных решений в виде:

$$\varphi(x) = A \cos kx + B \sin kx + C \operatorname{ch} kx + D \operatorname{sh} kx \quad (4)$$

где $\cos kx$, $\sin kx$, $\operatorname{ch} kx$, $\operatorname{sh} kx$ – независимые частные решения.

Произвольные постоянные A, B, C, D подберем так, чтобы для функции $\varphi(x)$ выполнялись краевые условия, то есть условия закрепления става штанг на каждом его конце. Эти условия могут быть выражены равными нулю следующих четырех величин:

На нижнем конце (в шарнире) при $x = 0$, $\varphi(x) = 0$ и $\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} = \varphi''(0) = 0$. То есть прогиб става и изгибающий момент равны нулю.

На верхнем конце зазор между салазками и направляющими большой. Этот конец ведет себя практически как не закрепленный.

Здесь поперечная сила будет равна силе инерции, создаваемой ускорением сосредоточенной массы m (вращателя). Изгибающий момент в сечении равен нулю. Эти условия выразим так, при $x = l$; $EJ\varphi'''(l) - mp^2\varphi(l) = 0$ и $\varphi''(l) = 0$.

Для составления системы алгебраических уравнений, позволяющих найти A, B, C, D представлением частных решений в уравнения (4) в виде функций А.Н. Крылова и их производных [1]. С их помощью интеграл, удовлетворяющий условиям при $x = 0$ имеет вид:

$$\varphi(x) = CU(kx) + DV(kx)$$

А для условий на верхнем конце става при $x = l$ после нахождения производных этих функций и подстановки в них значения $x = l$, получим:

$$CS(k\alpha) + DT(kl) = 0$$

$$EJk^3 [CV(kl) + DS(kl)] = -mp^2[CU(kl) + DV(kl)]$$

Обозначив:

$$\frac{(n+1)mp^2}{nEJk^3} = \frac{\alpha}{2},$$

Получим:

$$\begin{aligned} CS(\alpha) + DT(\alpha) &= 0 \\ C [V(\alpha) + \frac{\alpha}{2} U(\alpha)] + D [S(\alpha) + \frac{\alpha}{2} V(\alpha)] &= 0 \end{aligned}$$

Решив систему, перейдя к алгебраическим выражениям через подстановку функций:

$$V(\alpha) = \frac{1}{2} (\operatorname{sh}\alpha - \sin\alpha), U(\alpha) = \frac{1}{2} (\operatorname{ch}\alpha - \cos\alpha), S(\alpha) = \frac{1}{2} (\operatorname{ch}\alpha - \cos\alpha), T(\alpha) = \frac{1}{2} (\operatorname{sh}\alpha - \sin\alpha),$$

получим:

$$\alpha = \frac{2(1 + \operatorname{ch}\alpha \cos\alpha)}{\operatorname{ch}\alpha \sin\alpha - \operatorname{sh}\alpha \cos\alpha} \quad (5)$$

Корни уравнения (5) можно найти методом подбора, используя таблицы по расчету собственных колебаний упругих систем [2]. В частности, для первой формы (первой гармоники) при $k > 1$ удовлетворительную точность дает корень $\alpha = 1.58$.

Используя это значение α можно вычислить частоту первой формы (первой гармоники) по формуле [1]:

$$p_1 = \frac{\alpha_1^2}{l^2} \frac{EJ}{\mu} \quad (6)$$

Наиболее распространенными являются буровые штанги длиной $l = 8, 16$ и 24 м из труб 219×30 и 230×50 мм по ГОСТ 8732-78. Для них диапазоны собственных частот первой гармоники составляют $n = 23 \dots 26$ 1/мин (штанги $l = 8$ м) и $n = 15 \dots 19$ 1/мин.

Таким образом на низких частотах вращения ($n = 15 \dots 26$ 1/мин) колебательная система бурового става проходит через резонанс. На более высоких частотах вращения инструмента могут вступать в действие другие факторы возникновения резонансов.

Література:

1. Бидерман В.Л. Прикладная теория колебаний. М., «Высшая школа», 1972, 416 с.

2. Ананьев И.В. Справочник по расчету собственных колебаний упругих систем. М., Гостехизат, 1946, 373 с.

УДК 622.647.2

Є.В.Коптюх, Л.І. Єфіменко, канд. техн. наук, доц.
(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

УМОВИ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ КОНВЕЄРНОЇ УСТАНОВКИ

Мета. Підвищення економічної ефективності експлуатації стрічкового конвеєра за рахунок застосування надійних і вискоєфективних засобів діагностування технічного стану і прогнозування ресурсу роботи обладнання установки.

Методи дослідження. Для вирішення цього завдання використано: наукове узагальнення раніше виконаних досліджень; методи вимірювання і оцінка динамічних навантажень; методи діагностики ушкоджень; експериментальні дослідження впливу навантажень на технічний стан обладнання; методи розроблені в механіці; методи обробки випадкових процесів і математичної статистики.

Наукова новизна. Нові можливості в роботі і застосуванні системи діагностики та прогнозування з'являються при експлуатації стрічкового конвеєра, забезпеченого регульованим приводом і автоматичною системою управління режимами транспортування.

У зв'язку з цим, автори досліджують стрічковий конвеєр як об'єкт діагностування з урахуванням наявності системи автоматичного керування режимами роботи установки, розробити прогресивні і технічно реалізуємі способи і пристрої, на базі яких сформульовано принципи автоматизованої системи діагностики та прогнозування.

Практична значимість. Нові можливості в роботі і застосуванні системи діагностики та прогнозування з'являються при експлуатації стрічкового конвеєра, забезпеченого регульованим приводом і автоматичною системою управління режимами транспортування. Економічна ефективність застосування автоматизованої системи діагностики і прогнозування ресурсу досягається за рахунок таких факторів як збільшення середнього часу між ремонтами, зростання продуктивності об'єкта обслуговування та зниження витрат на технічне обслуговування, фактичне усунення несподіваних поломок, підвищення надійності і продуктивності, усунення вторинних поломок, зменшення тривалості ремонтів. Це призводить до підвищення коефіцієнта готовності на $0,015 \div 0,02$ і коефіцієнта використання на $0,02 \div 0,03$.

Викладення матеріалу та результати. Технічний стан стрічкового конвеєра багато в чому залежить від справності роликів, що підтримують тяговий орган (стрічку). Ролики є найбільш численними елементом конвеєра, вихід з ладу 10-15% від їх загальної кількості значно підвищує енергоємність транспортування матеріалу, збільшує швидкість зносу верхньої і нижньої обкладок стрічки, погіршує умови експлуатації опорних конструкцій конвеєра (роликоопор), оскільки стрічка при зустрічі з роликом, що не крутиться, надає роликоопорі додаткове динамічне навантаження.

Фактичний ресурс роликів складає від 4 місяців до 2 років залежно від умов експлуатації та характеристик транспортується матеріалу. Несправний ролик видає підвищений шум у вигляді постукування, різких звуків періодичних підвищеної частоти. Коли сили тертя в підшипникових вузлах досягають значної величини, обичайки роликів перестають обертатися і дуже швидко зношуються рушійною стрічкою. Якщо ролик, що зупинився вчасно не замінити, на його корпусі утворюються гострі ріжучі кромки. Від них на стрічці виникають глибокі порізи. На потужних стрічкових конвеєрах великої протяжності контроль за станом роликів набуває особливого значення.

Під відмовою ролика в загальному випадку розуміється вихід з ладу осі, підшипників, ущільнень і корпусу, при цьому номінальний момент ролика збільшується в два і більше разів.

Завданням діагностики технічного стану роликів конвеєра, що експлуатують, є виявлення безпосередньо несправних роликів, а також їх місце розташування. Виділяються наступні основні ознаки ушкоджень ролика:

- 1 - пошкодження оболонки ролика;
- 2 - пошкодження підшипника кочення / або ковзання /;
- 3-пошкодження обичайки ролика;
- 4-пошкодження з'єднувальних поверхонь окремих елементів;
- 5 - пошкодження ущільнювальних прокладок
- 6 - пошкодження осей роликів;
- 7 - пошкодження опорних шийок;
- 8 - пошкодження підшипникових обойм.

Елементи опорних роликів можуть зазнавати пошкоджень як внаслідок зносу і тривалих навантажень, так і в результаті окремих силових впливів. На

строк служби підшипникових вузлів істотно впливають циклічні навантаження, викликані вигином осі ролика при навантаженні і радіальним биттям при різностінності корпусу. При значенні невірніваженою відцентрової сили, близької до статичного навантаження, з'являється знос шийок осей і підшипників.

Пошкодження роликів стрічкового конвеєра можна розділити на два види:

- 1) пошкодження викликані природним зносом елементів ролика;
- 2) пошкодження викликані внаслідок несправності окремих елементів конвеєра (вторинні поломки).

Основна причина передчасної відмови роликів - заклинювання підшипників через порушення роботи ущільнень, які зношуються в результаті попадання в підшипник атмосферних опадів, агресивного середовища, абразивних частинок транспортованого вантажу. У середньому 66% відмов роликів припадає на засмічення підшипників пилом і потрапляння в них вологи. Руїнування окремих елементів підшипника викликає зміну параметрів вібрації, підвищення температури, порушення робочої функції (тобто не обертання), опускання ролика щодо нормального положення. Всі ці відхилення від нормального технічного стану характеризуються відповідними діагностичними ознаками.

Аналіз діагностичних ознак технічного стану роликів, методів їх визначення, а також завдань, поставлених вище, дозволив виділити як найбільш надійний і точний – температурний метод. При цьому діагностика несучих роликів стрічкового конвеєра здійснюється різними методами, основними з яких є використання теплових чи індуктивних датчиків з феромагнітних сплавів, які монтуються в стрічку, а також реалізація температурного контролю в запобіжній системі конвеєра.

Створення автоматизованої системи діагностики технічного стану устаткування стрічкового конвеєра з регульованим приводом викликало необхідність розробки нових способів діагностики роликів на основі обраної діагностичної ознаки.

Література:

1. Монастырский Б.Ф. Экспериментальные исследования влияния технического состояния роликов и ленты на энергоёмкость транспортирования / Б.Ф. Монастырский, Й.И. Плахотник, А.Н. Смирнов, В.И. Бесчастный // *Шахтный и карьерный транспорт*. - М.: Недра, 1990. - Вып.11. - С.68-71.

2. Монастырский В.Ф. Прогнозирование технического состояния ленточных конвейеров при помощи диагностики / В.Ф. Монастырский, В.И. Плахотник // *Шахтный и карьерный транспорт*. - М.: Издра, 1986. - Вып.10. - С.38-42.

3. Тиханський М.П. Методи й системи діагностики та прогнозування технічного стану стрічкових конвеєрів / М.П. Тиханський, Л.І. Єфіменко // *Вісник КТУ*. - 2008. - Вип.21. - С. 163-167.

4. Єфіменко Л.І. Принципи побудови автоматизованої системи діагностики технічного стану конвеєра / Л.І. Єфіменко, М.П. Тиханський // *Вісник КТУ*. - 2010. - Вип. 25. - С. 163-167.

5. Лобов В.Й. Автоматизовані системи керування конвеєрними установками / В.Й. Лобов, Л.І. Єфіменко, М.П. Тиханський, С.А. Рубан // *Монографія: Видавничий центр ДВНЗ «КНУ»*. - Кривий Ріг. – 2015. – 450с.

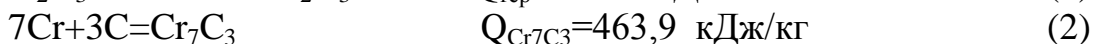
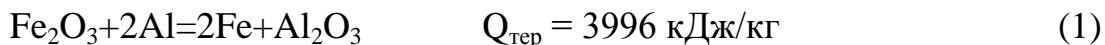
Секція 4. Енергоефективні технології в металургії та збагаченні корисних копалин

УДК 621.74.04

Я.С.Павленко, Л.Н.Сайтгареев, канд.техн.наук, доц.
(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ВИСОКО ХРОМИСТОГО ПОКРИТТЯ МЕТОДОМ НАПЛАВКИ

При використанні металотермічного процесу треба враховувати особливості процесу – введення лігатур у шихту таких як карбід хрому Cr_7C_3 сприятиме зниженню температури горіння шихти, що навіть може призвести до унеможливлення повного горіння суміші [1]. Тому розрахунок термітної суміші $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 2\text{Al}$ і карбіду хрому Cr_7C_3 потрібно проводити для встановлення точного співвідношення компонентів для проходження реакції. Термітна реакція з оксидом Fe_2O_3 і реакція утворення карбіду хрому має вигляд :



Калорійність суміші буде розрахована як :

$$Q_{\text{см}} = Q_{\text{тер}} \cdot \omega_{\text{тер}} + Q_{\text{Cr}_7\text{C}_3} \cdot \omega_{\text{Cr}_7\text{C}_3} \quad (3)$$

де $\omega_{\text{тер}}$ і $\omega_{\text{Cr}_7\text{C}_3}$ масові частки термітної шихти і шихти $7\text{Cr} + 3\text{C}$ в загальній суміші причому $\omega_{\text{тер}} + \omega_{\text{Cr}_7\text{C}_3} = 1$

За температурою термітної реакції приймаємо температуру кипіння заліза 3134 К. Оскільки у випадку з отриманням композиту реакція утворення карбіду хрому протікає спільно з термітною реакцією, то будемо вважати, що при спільному протіканні двох реакцій буде розвиватися температура 3134 К, а надлишки тепла будуть витрачатися на перехід заліза в газоподібну фазу. Для нагрівання карбіду хрому до температури 3134 К потрібно 165,6 кДж/кг тепла. Слід звернути увагу, що при нульовому вмісті Fe_2O_3 все тепло буде витрачатися на нагрівання карбіду хрому. За даними розрахунків був побудований графік залежності теплоти реакції $(\text{Fe}_2\text{O}_3 + 2\text{Al}) + (7\text{Cr} + 3\text{C})$ від вмісту компонентів рис.1а.

Судячи з рис.1а, при збільшенні вмісту в шихті суміші $7\text{Cr} + 3\text{C}$, калорійність знижується, і менша кількість тепла витрачається на випаровування заліза. Однак, слід зауважити, що кількість, яка утворилася в результаті реакції заліза, теж знижується.

Кількість одержуваного заліза по реакції $(\text{Fe}_2\text{O}_3 + 2\text{Al}) + (7\text{Cr} + 3\text{C})$ від вмісту компонентів наведено на рис.1б.

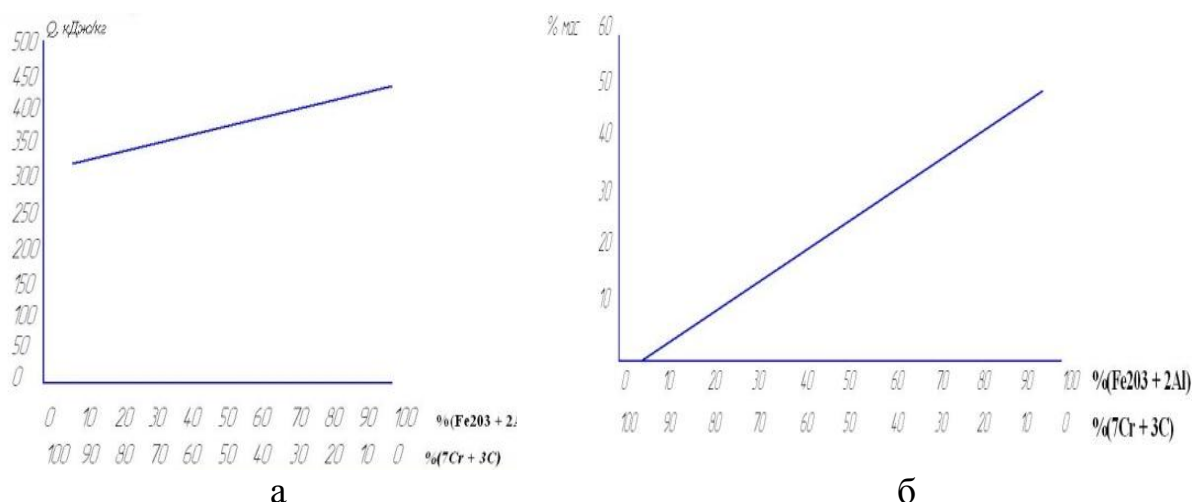


Рис. 1. Залежність теплоти від компонентів

Таким чином, додавання порошоків $7\text{Cr} + 3\text{C}$ в термітну суміш $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 2\text{Al}$ знижує її калорійність і як наслідок зменшує надлишок теплоти яка виділилась під час термітної реакції.

Надлишок теплової енергії (448 кДж/кг) екзотермічної суміші можливо використовувати для розплавлення підготовлених порошоків карбідів металів, зокрема карбіду хрому. Ця кількість надлишкової теплової енергії розплавить 7,1 г Cr_7C_3 на 100 г екзотермічної суміші. Вміст карбіду в сплаві складе не більше 13,5%. Заміщення карбіду хрому на залізний порошок у додатковій суміші дозволяє вносити залізо та маса екзотермічного сплаву підвищується на кожні 10% зменшення Cr_7C_3 у додатковій суміші збільшується маса додаткового металу на 1,22%.

Попереднє нагрівання екзотермічної суміші до 1073 К дозволяє збільшити кількість сплаву заліза до 95 г зі 100 г суміші, а вміст Cr_7C_3 може досягнути 29,8%.

Наявність карбіду хрому Cr_7C_3 в нанесеному покритті сприяє покращенню характеристик праці в умовах абразивного зносу, підвищених температур і в агресивних середовищах.

Література:

1. Zhiguts Yu.Yu. *Thermit Smelting of Cooper Alloys/Acta metallurgica Slovaca/ Kosice Rosnik* 5.- 1999.- №.2.- P.419-421.

УДК 621.791.92:621.65

М.О.Мусіяш, І.Е.Скідін, ст.викладач

(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ГРУНТОВИХ НАСОСІВ ШЛЯХОМ КОРУНДУВАННЯ

Розглянуто роботу ґрунтових насосів та визначено три головних фактори, які викликають знос при використанні даних насосів: абразивний знос, ерозійний знос та корозія. Визначено технологію підвищення зносостійкості насосів.

Постановка проблеми, її зв'язок з науковими і практичними роботами. Грунтові насоси застосовуються для перекачування гідросумішей. Зносостійкість їх робочих поверхонь визначає довговічність використання деталей і вузлів устаткування. При експлуатації даних насосів внутрішня поверхня піддається зносу внаслідок перекачування абразивних пульп, тому деталі, які контактують з абразивним середовищем виготовляють із зносостійкого високохромистого чавуну.

При експлуатації насоси отримують великі вібраційні навантаження в результаті чого несуча частина конструкції схильна до руйнування, через крихкість високохромистого сплаву, тому передню половину і задню половину насоса виготовляють зі сталі з високими пластичними властивостями. Основний недолік, що знижує продуктивність насосів, це знос робочих не зносостійких елементів [1, 2] від перекачування відходів і транспортування абразивних матеріалів.

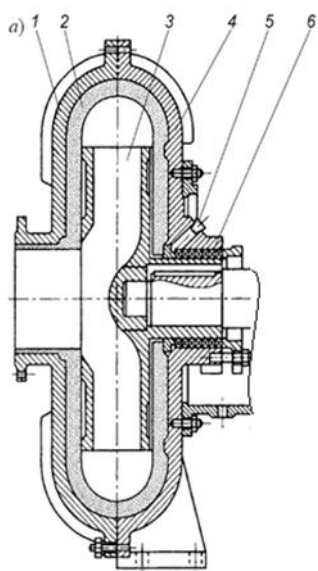


Рис.1. Грунтовий корундо-ваний насос ГрК 1600/50, схематичний розріз (а): 1 - передня половина корпусу; 2 - корундована футерівка; 3 - робоче колесо; 4 - задня половина корпусу; 5 - штуцер подачі віджимної води; 6 - сальник.

Зношені поверхні насоса відновлюються до первинних розмірів за допомогою нанесення футерувального шару [3], підвищуючи їх термін служби. Однак насоси ГрАК із зносостійкою футеровкою корпусу «Задня половина» і «Передня половина», виготовлені з низьковуглецевої марки сталі при перекачуванні гравійних ґрунтів істотного ефекту не дає, тому що футерування їх від ударних навантажень абразивними частинками відносно швидко руйнується.

Метою даної роботи визначення і описання оптимального способу збільшення зносостійкості ґрунтових насосів за допомогою нанесення абразивних корундових покриттів.

Виклад основного матеріалу досліджень. Нанесення абразивних корундових покриттів на відновлювані поверхні відбувається вручну при нормальних температурах. Технологія виготовлення деталей з абразивних сумішей зводиться до приготування суміші, її пресування, просочування і полімеризації. У ролі заповнювача абразивної суміші виконує електрокорунд. В якості абразивного матеріалу, що сполучає зерна застосовується бакелит марок А і Б. Для підвищення міцності виробів застосовують металевий каркас з подальшим формуванням і пресуванням.

Пресування проводиться при зусиллі преса від 100т до 400т.

Чим краще ущільнення суміші, тим вище якість корундування. Для надання необхідної сухої міцності вироби піддаються полімеризації при температурі 350°C протягом 8 год.

Висновки. Корундове покриття виготовлене по вищезгаданій технології має кращі властивості міцності, ніж поверхня з вуглецевої сталі. Технологія нанесення корундового покриття на внутрішню поверхню передньої та задньої кришок ґрунтових насосів збільшує зносостійкість та час роботи насосів без зупинок на ремонт та обслуговування. Тим самим зменшує час простою обладнання.

Література:

1. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт по вивченню конструкцій насосів для гідросумішей (для студентів спеціальностей 7.090209, 7.090216 та 7.090303)/ Укладачі: Л.М. Козиряцький, О.В. Федоров – Донецьк: ДонНТУ, 2005. – 88с.
2. Бессмертный К.С., Бритарев В.А. Машинист землесосной установки. М.: Недра, с.
3. Упоров Н.Г., Єскарев С.Б. Землесосные снаряды и перекачивающие установки. М.: «Высшая школа», 1970.

УДК 669.1.017.3

Д.Ю.Козаков, Д.Ю. Бабошко

(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

ПІРОМЕТАЛУРГІЙНИЙ СПОСІБ ЗБАГАЧЕННЯ ТИТАНОМАГНЕТИТОВИХ КОНЦЕНТРАТІВ

На сьогоднішні актуальним завданням для металургійної промисловості є впровадження ресурсозберігаючих технологій комплексної переробки титановмісних руд. Тому для подальшої переробки титаномagnetитів потрібне пірометалургійне доопрацювання концентрату та отримання з нього товарних продуктів – титанового шлаку і чавуну.

Дослідження фізико-хімічних особливостей та кінетики процесу пірометалургійної обробки окускованого титаномagnetитового концентрату Кропивенського родовища дозволили встановити схему переробки концентрату з отриманням залізовмісного та титановмісного продукту. В якості об'єкта дослідження використовувалися котуни із титаномagnetитового концентрату Кропивенського родовища, що містив 22,03 % TiO_2 та 52 % $\text{Fe}_{\text{заг.}}$. Встановлено, що отримані сирі котуни мають задовільні властивості для подальшого їх відновлення: пористість – 30-35 %, міцність на стискання – 1,32 кг/котун (для сухих – 2,7 кг/котун), міцність на скидання – 4,2 рази.

Запропонована технологічна схема переробки титаномagnetитового концентрату включатиме основні виробничі цикли: 1 – окускування шихтових матеріалів і їх сушку; 2 – нагрів, відновлення та плавлення котунів у високотемпературному агрегаті; 3 – охолодження продукту; 4 – подрібнення і поділ отриманого промпродукту на магнітну та немагнітну фракцію. Процес двохступінчастого відновлення з визначеними параметрами планується проводити в печі прямого відновлення з обертовим кільцевим подом, оскільки кінцевим продуктом є не металізовані котуни, а гранульований чавун.

Проведений нами структурно-текстурний аналіз пірометалургійного збагачення дозволив виявити, що при температурі процесу до 900 °С відбувається

повне відновлення заліза з мінералів олівіну і піроксену та його винос за межі зерна. Потім при збільшенні до 1300 °C в зернах титаномагнетиту розпочинається процес відновлення магнетитової матриці та виніс в міжзерновий простір Fe^o і скупчення його в окремі частки. Підвищення температури до 1500 °C призводить до відновлення ільменітової частки зерна та приєднання заліза металічного до утворених раніше металічних областей.

Отже, завдяки застосування представленої схеми планується отримати два товарних продукти, а саме: залізовмісну фракцію представлену гранулами чавуну 92–96,5 % Fe; 3,4–3,7 % C; 0,5 % V та шлакова фракція представлена титановмісним шлаком 50–55 % TiO₂ і до 7,4 % FeO.

УДК 669.162

Л.В. Костакова, Д.Ю.Бабошко

(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

МЕТАЛУРГІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ПІДГОТОВЛЕНИХ КОТУНІВ ІЗ ТИТАНОМАГНЕТИТОВОГО КОНЦЕНТРАТУ КРОПИВЕНСЬКОГО РОДОВИЩА

В даному матеріалі акцентується увага стосовно проблеми підготовки окускованих шихтових матеріалів для подальшого відновлення в високотемпературному агрегаті.

На сьогодні актуальним завданням для металургійної промисловості є впровадження ресурсозберігаючих технологій комплексної переробки титановмісних руд. Тому для подальшої їхньої переробки потрібне пірометалургійне доопрацювання титаномагнетитового концентрату для отримання товарних продуктів – титанового шлаку і чавуну.

Робота присвячена залученню титаномагнетитового концентрату з корінних комплексних руд Кропивенського родовища в подальший металургійний цикл для забезпечення комплексного і повного використання надр. Проаналізований сучасний стан теорії та практики переробки титаномагнетитових концентратів дозволив встановити, що актуальним являються одностадійні технології переробки в високотемпературних теплових агрегатах, одним із яких являється піч прямого відновлення з обертовим кільцевим подом. Для якісної роботи відновної печі, необхідно, щоб окускований матеріал мав постійні фізико-хімічні характеристики. Обґрунтовано склад шихтових матеріалів для окускування титаномагнетитового концентрату, до яких увійшли: комбінована зв'язка бентоніту та полімеру FERROFORM – 1 %; плави́ковий шпат – 3 % ; графіт (відновник) з мінімальним вмістом мінеральних домішок. За допомогою програмного комплексу «TERRA» виконано термодинамічний аналіз процесу відновлення в системі Fe₂O₃ – FeO – TiO₂ – V₂O₅ – C, що дало змогу визначити кількість відновника 18 % та спрогнозувати реакції утворення фаз і компонентів у системі при відповідних температурах.

Вихідні шихтові матеріали (відповідно до заданих пропорцій) або зважені у розрахунковому співвідношенні направлялися для отримання однорідної суміші у змішувач. Після змішування підготовлена шихта порціями подавалася на тарільчатий гранулятор, де швидкість обертання складала 28-32 об/хв, кут нахилу 30-45°, а вміст вологи в готових котунах складав 8-10 %.

Аналіз структури окускованного продукту засвідчив, що шихтові матеріали рівномірно розподілені в об'ємі котунів. Встановлено, що отримані сирі котуни мають задовільні властивості для подальшого їх відновлення: пористість – 30–35 %, міцність на стискання – 1,32 кг/котун (для сухих – 2,7 кг/котун), міцність на скидання – 4,2 рази.

УДК 669.162

Д.Р.Багатенко, О.В.Бабаєвська

(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

ПОКРАЩЕННЯ ГАЗОДИНАМІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ШАРУ АГЛОШИХТИ

Розглянуто особливості спікання агломераційної шихти, яка представлена гранулами з залізорудного концентрату з добавкою палива і флюсу. Запропоновано використовувати підігрів вихідної шихти вище точки роси і підвищення міцності і термостійкості гранул для покращення газодинамічної проникності шару в процесі спікання.

Сучасний рівень розвитку чорної металургії характеризується інтенсивним залученням в підготовку для металургійного переділу тонкоподрібнених залізорудних концентратів. Однак, як показують дослідження, добавка 10% концентрату в агломераційну шихту знижує продуктивність агломераційних машин на 2,6-3,3% внаслідок підвищення газодинамічного опору шихти, що спікається. Основними факторами, що впливають на газопроникність шару аглошихти, є: гранулометричний склад шихти, її вологість, режим руху газу в шарі, кількість повітря, що просмоктується через шар, утворення в шарі зон плавлення і перезволоження.

Найбільш ефективним способом поліпшення гранулометричного складу агломераційної шихти, що забезпечує збільшення продуктивності аглоустановок за рахунок підвищення газопроникності шихти, є її огрудкування перед спіканням, оскільки висока газопроникність шару сипучого матеріалу досягається тільки за умови перетворення всіх дрібних частинок в агрегати-грудочки.

Окрім того, при спіканні сухої шихти, представленої гранулами з залізорудного концентрату, що містять добавки палива і флюсу, спостерігається різке зменшення перепаду температур по вертикалі і відповідне зниження коефіцієнтів теплопередачі шихти, що пояснюється зменшенням уявної теплоємності шихти через відсутність в ній вологи. Охолодження газу при цьому відбувається в більшому інтервалі, як по висоті шару, так і за часом. Отже, при спіканні сухої шихти значно збільшується висота високотемпературної зони, що

призводить погіршення регенерації тепла в шарі, що спікається. Позитивна роль попереднього підсушування шихти перед спіканням полягає в зменшенні швидкості охолодження розплаву в результаті збільшення висоти високотемпературної зони, що покращує умови кристалізації та перешкоджає утворенню зон перезволоження.

Таким чином, зниження шкідливого впливу на газодинамічні параметри шару агломераційної шихти зон перезволоження і формування агломерату в процесі спікання може бути здійснено підігрівом вихідної шихти вище точки роси і підвищенням міцності і термостійкості гранул. При спіканні агломераційних шихт з підвищеним вмістом концентрату доцільно концентрат вводити в шихту у вигляді гранул, кількість яких необхідно встановлювати експериментально для кожного індивідуального випадку.

УДК 669:622

А.В.Демко, О.В. Бабаєвська

(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

АКТИВУВАННЯ РЕАКЦІЙНОЇ ЗДАТНОСТІ ТВЕРДОГО ПАЛИВА З МЕТОЮ ПОЛІПШЕННЯ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ АГЛОПРОЦЕСУ

Розглядається проблема дефіциту палива агломераційного процесу та способи її вирішення. Особливу увагу приділено введенню в аглошихту активованого твердого палива, що приводить до збільшення виходу придатного агломерату, його механічної міцності й швидкості спікання. Встановлено, що при базових показниках якості і виходу агломерату витрати коксового дріб'язку можна скоротити приблизно на 10%.

У зв'язку з безперервним зростанням виробництва окускованої залізорудної сировини для доменного виробництва у галузі відчувається гострий дефіцит коксового дріб'язку – основного палива агломераційного процесу. Практика агломерації показує, що далеко не кожне вугілля може бути використане в якості замітника при агломерації. Як замітник коксового дріб'язку з успіхом використовується антрацитовий штиб, співвідношення якого з коксиком в аглошихті становить 50/50. Однак, в останні роки й він став дефіцитною сировиною. Тому досить актуальною є розробка рекомендацій зі зниження витрати вже випробуваних видів твердого палива в агломераційному процесі.

Досліджено вплив використання різних реагентів для активування технологічних властивостей коксового дріб'язку при агломерації. Реакційна здатність коксового дріб'язку активувалася за допомогою введення водних розчинів гідроокису натрію, вуглекислого натрію й вапна.

Активованій кокс крупності 3–0 мм вводили в агломераційну шихту при співвідношенні магнетитового концентрату й рудного дріб'язку 4:1. Вміст вологи й витрату твердого палива підтримували на рівні, оптимальному для даного складу шихти (8,8% і 5,2% відповідно). Результати дослідних спікань показали,

що найбільше зростання реакційної здатності коксового дріб'язку спостерігається при його активуванні NaOH (у 2,8 рази в порівнянні з типовою шихтою). Характерно, що активування твердого палива вище позначеними добавками впливало як на збільшення вертикальної швидкості спікання (більшою мірою), так і на вихід придатного агломерату і його механічну міцність. У всіх випадках вихід дріб'язку 5–0 мм після випробувань у барабані в агломератах, отриманих на активованому паливі, був нижче базового варіанту. Істотно зросла питома продуктивність аглоустановки (до 13% у варіанті із застосуванням NaOH).

Це свідчить про перспективність активування твердого палива перед введенням його в аглошихту. Одержання базових показників процесу агломерації та виходу і якості агломерату може досягатися при зменшенні приблизно на 10,0% витрати коксового дріб'язку в аглошихті.

УДК 622.7:669.054

М.С.Деркач, В.В. Плотніков
(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ І РЕЖИМІВ БРИКЕТУВАННЯ ДРІБНОФРАКЦІЙНИХ ШИХТ У ВАЛКОВОМУ ПРЕСІ

Представлені результати досліджень брикетування дрібнофракційних відходів металургійної, машинобудівної і вугільної промисловостей. Випробування, проведені на експериментальному валковому пресі, дозволили встановити оптимальні параметри і режими брикетування шихт: тиск пресування, частота обертання валків. Визначено вплив величини кута подачі шихти на значення щільності брикетів, а також вплив фізико-механічних властивостей досліджуваних шихт на показники ущільнення і зусилля пресування.

В останнє десятиріччя актуальність проблеми брикетування у вітчизняному і закордонному гірничо-металургійному комплексі різко зросла. Пов'язано це з виснаженням запасів родовищ, гострою конкуренцією на ринку чорних металів, з постійно зростаючим накопиченням техногенних відходів і вимогами екології.

Основним агрегатом технологічного обладнання для виробництва брикетів є преси валкового типу, що забезпечують безперервність, економічність і високу продуктивність процесу.

Задача створення надійних вітчизняних пресів для брикетування дрібнофракційних сировинних матеріалів і промислових відходів здобуває все більшу актуальність. Пов'язано це не тільки з необхідністю підготовки техногенних відходів, але і з тим, що в Україні, як і в інших країнах СНД, практично не було досвіду проектування і виготовлення валкових брикетних пресів. Незначна кількість валкових пресів вітчизняного виробництва, що працюють на деяких підприємствах, розроблена і виготовлена різними неспеціалізованими підприємствами. Ці преси розроблялися й експлуатуються без урахування властивостей шихтових матеріалів і особливостей технології їхнього брикетування, що призводить до невідповідності проектних і реальних

навантажень, які виникають у їхніх основних вузлах і приводі, до погіршення якості продукції. Придбання пресів закордонного виробництва для потреб вітчизняних підприємств пов'язано з утрудненнями, що полягають, насамперед, у правильному виборі преса під конкретний матеріал для пресування, форму і розміри брикету. Крім того, висока вартість пресів та запасних частин до них потребує істотних витрат валютних коштів.

У зв'язку з цим розробки і дослідження, спрямовані на створення вітчизняних пресів для брикетування, зокрема, відходів гірничо-металургійного комплексу, і методики розрахунку їхніх параметрів є актуальними і мають теоретичне і практичне значення.

Метою роботи є визначення основних параметрів і режимів брикетування шихт у валковому пресі.

Для досліджень обрані типові, придатні для утилізації методом брикетування відходи металургійної, машинобудівної і вугільної промисловостей: прокатна окалина крупністю -5 мм і -2 мм, залізовмісний шлам, колошниковий пил, коксовий дріб'язок крупністю -5 мм, шлам вугільний, алюмінієва стружка, чавунна стружка. Ці обрані матеріали охоплюють коло найбільш масових відходів виробництва, насамперед металургійного, і істотно відрізняються за хімічним і гранулометричним складом, сипкістю, здатністю часток протистояти деформації і руйнуванню при обтисненні й іншими показниками. Як сполучні добавки використані найбільш розповсюджені в технології брикетування матеріали - вапно, лігносульфонат технічний і рідке скло.

Дослідження виконували на експериментальному валковому пресі, що має валки Ø 500 мм із зубчасто-жолобчастою конфігурацією їхньої робочої поверхні, ширина якої складає 100 мм. Продуктивність пресу - до 2,5 т/год., тиск пресування - до 100 МПа, зусилля пресування, що розвивається, - до 1000 кН.

В ході досліджень визначено вплив величини кута подачі шихти на валки на значення щільності брикетів, а також вплив фізико-механічних властивостей досліджуваних шихт на показники ущільнення і зусилля пресування при однакових умовах подачі шихт на валки. Показано, що щільність брикетів зростає зі збільшенням кута подачі шихти на валки. Підвищення щільності брикетів супроводжується, відповідно, збільшенням силових параметрів пресу, насамперед зростанням зусилля пресування.

Виконані дослідження дозволили уточнити межу прикладеного тиску пресування, вище якої ведення процесу брикетування для досліджуваних шихт нерациональне. Оптимальним є тиск пресування в діапазоні 50-75 МПа. Встановлено, що в досліджуваному діапазоні частот обертання валків практично не спостерігається його вплив на зміну щільності брикетів. Ця зміна складає 2-3% і знаходиться в заданих межах коливань щільності брикетів.

Експериментальні дослідження процесу брикетування шихт у валковому пресі дозволили відпрацювати режими одержання якісних брикетів у досліджуваному діапазоні швидкостей при різних умовах подачі шихти на валки. Встановлено, що при тиску пресування вище 100 МПа ведення процесу брикетування досліджуваних шихт є нерациональним.

Також встановлено, що необхідна якість брикетів досягається при сталому режимі, а для несталих режимів характерне нерівномірне заповнення осередків, що призводить до зниження щільності, а, отже, механічної міцності брикетів. Зареєстровані параметри процесу брикетування показали задовільну збіжність з їхніми розрахунково-теоретичними значеннями.

На підставі результатів досліджень для робочого режиму одержання якісних брикетів рекомендована оптимальна частота обертання валків в діапазоні 5-10 хв^{-1} .

УДК 669.162:622

О.О. Пазиніч., В.В. Плотніков

(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОГО СПОЛУЧНОГО ПРИ БРИКЕТУВАННІ ЗАЛІЗОВМІСНИХ МАТЕРІАЛІВ

Метою роботи є пошук раціональних сполучних при брикетуванні залізовмісних матеріалів. Узагальнено практичний досвід отримання брикетів з метою визначення кращого сполучного, яке б якнайповніше відповідало вимогам, що висуває процес брикетування. Також подаються різні способи отримання брикетів з використанням комбінацій відмінних за природою та механізмом дії сполучних матеріалів.

Зважаючи на ряд переваг методу брикетування перед традиційними технологіями окискування залізородної сировини, він є ефективним та широко вживаним для рециклінгу промислових залізо- та вуглецевмісних відходів на багатьох підприємствах гірничо-металургійного комплексу.

У переважній більшості випадків спосіб брикетування потребує введення індивідуально підібраної сполучної добавки у кількості, що забезпечує необхідні міцнісні характеристики отриманих брикетів. Одночасно з тим, що вид і витрата сполучного є вирішальною умовою міцності отримуваних брикетів, витрати, пов'язані з його закупівлею та транспортуванням, нерідко складають не менше 50% від собівартості брикетів. Тому вибір раціональної сполучної речовини є ключовим фактором, що визначає ефективність процесу брикетування дрібнодисперсних матеріалів.

Для правильного вибору сполучного компоненту необхідно враховувати певні критерії: сполучне повинно мати високу поверхневу активність, максимально змочувати поверхню матеріалу, забезпечуючи міцній зв'язок; бути стійким до атмосферного впливу; не руйнувати структуру готового брикету; мати еластичні і пластичні властивості; мати високу міцність, але не бути жорсткіше матеріалу, що брикетується, оскільки зовнішнє навантаження може призвести до появи внутрішніх напружень і руйнування брикету; мати високу швидкість твердіння; мати мінімальну токсичність; бути недефіцитними і дешевими.

На сьогодні в якості сполучних добавок застосовується досить широкий спектр мінеральних (неорганічних) і органічних матеріалів, а також різних їх

комбінацій, які мають свої переваги і недоліки. Найбільш відомими та дослідженими сполучними є: рідке скло, вапно, цементи, глини, смоли й фуси напівкоксування, лігносульфонат й ін. Однак, незважаючи на багатий практичний досвід їх застосування, не припиняються спроби знайти сполучне, яке б якнайповніше відповідало вимогам, що висуваються.

Позитивні результати отриманні при використанні сполучних на основі продуктів нафтохімічного синтезу, які містять термопластичну смолу [1], а також суміші відпрацьованих мастил та відпрацьованих бітумно-руберойдових матеріалів [2].

Відоме також використання пластифікаторів у композиції з портландцементом. Пластифікатор містить сульфідно-дріжджову бражку, мелясу, упарювану післядріжджову барду, лужний стік виробництва капролактаму або милонафт [3].

Екологічним є використання в якості сполучного переестерифікаційного полімеру, одержаного з побутових відходів [4]. Сполучна складова при подальшій плавці брикетів лише частково згорає, або перетворюється в газ і відноситься з потоком газів. Таким чином, окрім скріплення часток у брикеті полімерне сполучне також є додатковим джерелом енергії.

При брикетуванні прокатної окалини [5] як сполучний і одночасно відновлювальний матеріал додатково вводиться порошок карбіду кремнію (SiC), що є відходом при виробництві точильних каменів, абразивних і відрізних кіл, у кількості 30-36%. Карбід кремнію по відношенню до прокатної окалини веде себе як відновник і знижує тим самим затрачену енергію на відновлювання оксидів заліза, які входять до складу окалини. Карбід кремнію утворює евтектику з вапном (CaO) і глиноземом (Al_2O_3), наслідком чого є зниження температури плавлення кінцевого шлаку конвертерної плавки.

Відомі способи отримання брикетів з одночасним використанням двох різних за природою та механізмом дії сполучних - меляси і вапна - у кількості 5,0-18,0% та 2,0-8,0% відповідно. Вапно активно поглинає воду та реагує з цукром, що знаходиться в мелясі. При цьому утворюються цукрати кальцію, які забезпечують зростання кліючої властивості сполучних, що значно підвищує міцність сирих брикетів [6].

Таким чином можна зробити висновок, що універсального сполучного, однаково ефективного для всіх дрібнодисперсних матеріалів, не існує. Для раціонального вибору сполучного в кожному окремому випадку необхідно враховувати природу матеріалу, що брикетується, його гранулометричний склад, призначення брикетів (вимоги до їх міцнісних та якісних характеристик, що виходять з умов подальшої переробки) тощо.

Література:

1. Процес одержання брикетів залізистих матеріалів: пат. 5550 Україна. №20040705414; заявл. 06.07.2004; опубл. 15.03.2005, Бюл. № 3, 2005.
2. Спосіб виробництва залізовмісних брикетів: пат. 103596 Україна. №201505586; заявл. 08.06.2015; опубл. 25.12.2015, Бюл. №24, 2015.
3. Брикет для металургійного виробництва: пат. 76684 Україна. №200600038; заявл. 03.01.2006; опубл. 15.08.2006, Бюл. №8, 2006.

4. Залізовмісний брикет: пат. 81853 Україна. №200605741; заявл. 25.05.2006; опубл. 11.02.2008, Бюл.№ 1, 2007.

5.Брикет для виплавки сталі: пат. 77756 Україна. №201209898; заявл. 16.08.2012; опубл. 25.02.2013, Бюл.№4, 2013.

6. Склад для приготування брикетів: пат. 25256 Україна. №200505149; заявл. 30.05.2005; опубл. 10.08.2007, Бюл.№12, 2007.

УДК 669.162

П.І.Уманський, О.В. Бабаєвська

(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

ВИКОРИСТАННЯ ТВЕРДОГО ПАЛИВА ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ЗАЛІЗОРУДНИХ ОКАТИШІВ

В даному матеріалі виділяють проблему прогріву окатишів в нижніх горизонтах шару. Рішення полягає в тому, щоб обпалювати окатиші з додаванням твердого палива. Встановлено оптимальну витрату твердого палива та швидкість руху стрічки під час випалу.

Досвід експлуатації випалювальних машин конвеєрного типу і результати досліджень показують, що прогрів нижніх горизонтів шару окатишів до оптимальних температур викликає значні труднощі. Так на випалювальних машинах типу ОК-108 при робочій температурі в зоні випалу 1300°C температура нижнього горизонту не перевищує 1000°C, що призводить до зниження якості окатишів в цій частині шару. Одним зі способів усунення цього недоліку є випал окатишів з попереднім накатуванням на їх поверхню твердого палива або внесенням його в шихту. Доцільніше вводити тверде паливо саме на поверхню гранул, оскільки міцність останніх є вищою, ніж гранул, отриманих з додаванням палива в шихту.

Встановлено, що оптимальна витрата вуглецю при накатуванні його на поверхню окатишів складає 0,66-0,70%. При цьому спостерігається вирівнювання температури по висоті шару окатишів в зоні випалу: температура нижнього горизонту шару досягає 1260-1270°C при температурі в горні зони випалу 1280°C, довжині зони випалу 6 м і швидкості руху стрічки 1,4-1,5 м/хв. Перевищення оптимального значення витрати твердого палива може призвести до оплавлення окатишів та їх спікання у грони.

Якісні показники окатишів оцінювали за вмістом в них сірки в нижньому і верхньому горизонтах шару, оскільки міцнісні характеристики у всіх випадках мало відрізнялися одна від іншої. Виявлено, що при звичайній технології отримання окатишів (без твердого палива і при зниженні швидкості фільтрації в зоні рекуперації) вміст залишкової сірки в нижньому горизонті шару склав 0,20-0,25%. З додаванням твердого палива її вміст знизився до 0,07-0,09%. У верхніх горизонтах у всіх випадках вміст сірки був низьким і складав 0,02-0,05%.

Отже, застосування твердого палива при отриманні окатишів є важливим резервом економії природного газу, а також підвищення якості готових окатишів. З огляду на це у подальших дослідженнях слід приділити увагу усуненню недоліків цього способу, а саме вдосконаленню дозуючих пристроїв для регулювання витрати твердого палива і співвідношення палива в часі.

УДК 621.791.4:620.193.507

О.Б.Настич, канд.техн. наук, доц., Р.А.Тимченко, докт. техн. наук, проф.,
Д.А.Кришко, канд. техн. наук, ст. преподаватель
(Украина, Кривой Рог, Криворожский национальный университет)

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ДЕТАЛЕЙ ОТЖИГОВЫХ ПЕЧЕЙ

Отжиг отливок из ковкого чугуна осуществляется на Головном заводе ЗПО “Арматуростроение” в электропечах “Холкрофт” в атмосфере азота. В качестве оснастки применяются поддоны, ролики, направляющие рельсы и коробка из жаропрочной стали. Оснастка работает при высоких температурах (до 1000°С) в нагруженном состоянии. В наиболее тяжелых условиях работает поддон, несущий на себе короб с 500кг отжигаемого чугуна.

Отливки поддонов выполняются из стали 36Х20Н25С2Л на участке индивидуального литья в основной дуговой электропечи ДСН-1,5 методом переплава отходов без применения кислорода. Конечное раскисление производится алюминием (0,5 кг/т) и силикокальцием (2 кг/т) в стопорном ковше. Готовый металл заливается в сырые песчано-глинистые формы. Литые детали передаются на термообрубной участок для сборки комплектов оснастки.

Переплав легированных отходов без кислорода и применение непросушенных форм приводит к повышенной газонасыщенности литья и, как следствие, к быстрому выходу из строя изделий по дефекту “горячие трещины”. Отсутствие экспресс-анализа по ходу плавки приводит к значительным колебаниям химического состава в готовой стали, что сопровождается нестабильной жаропрочностью металла.

Практика высококачественного сталеварения показала, что лучшие результаты достигаются при индукционной плавке жаропрочных сталей. Положительное влияние на долговечность и работоспособность металлоизделий оказывает микролегирование расплавов, особенно оптимальными количествами ЩЗМ и РЗМ. Механизм их влияния проявляется в раскисляющем и рафинирующем действии, в десульфурации и модифицировании сталей и сплавов, в способности образовывать с вредными примесями тугоплавкие химические соединения.

На основании изложенного лабораторно-промышленные плавки стали 36Х20Н25С2Л проводили в основной индукционной печи ИСТ-0,16 литейной лаборатории ЗМИ. Варьировали количество легированных отходов в шихте, состояние форм и конечное раскисление. При этом на основании опыта работы с

аустенитной сталью 12Х18Н12М3ТЛ в качестве вариантов модифицирования выбрали алюминий + силикобарий (0,5+5 кг/т) и алюминий + силикоРЗМ (в том же соотношении). В качестве наполнительной и облицовочной смесей использовались материалы завода. На плацу литейной лаборатории полуформы набивались вручную, высушивались в течение суток на воздухе и собирались за 1 ч до заливки. На 4-й плавке форма приготавливалась в день плавки и заливалась в сыром состоянии (табл. 1).

Таблица 1 – Технологические особенности опытных плавов

Номер плавки	Шихта	Конечное раскисление, кг/т			Состояние формы
		АО	СБЗО	ФСЗОРЗМЗО	
1	Свежие материалы	0,5	5	–	Сухая форма
2	50% легированных отходов	0,5	5	–	Сухая форма
3	85% легированных отходов	0,5	5	–	Сухая форма
4	85% легированных отходов	0,5	5	–	Сухая форма
5	50% легированных отходов	0,5	–	5	Сухая форма

Масса отливки “поддон” вместе с литниковой системой составляет 144кг, поэтому каждой плавкой из ИСТ-0,16 заливалась одна форма. Между сливным носком печи и литниковой чашей устанавливалась промежуточная воронка. По мере расплавления металл экранировали известково-флюоритовым шлаком. При нагреве стали до 1560 °С шлак снимали, присаживали в металл модификаторы, заливали основную форму и формы литых образцов для физико-механических испытаний.

При визуальном осмотре только 4 из 5 поддонов были признаны годными к дальнейшей эксплуатации. На 5-м поддоне имелись участки с недоливами из-за пониженной жидкотекучести сплава вследствие присадки силикоРЗМ. Физико-механические свойства металла были сопоставлены с результатами натурных испытаний поддонов. При этом оказалось, что механические свойства в основном определялись химическим составом металла. Технология плавки и формовки существенно сказались только на газосодержании и соответственно на эксплуатационных свойствах поддонов (табл. 2).

Таблица 2 – Физико-механические и эксплуатационные свойства поддонов ЗПО “Арматуростроение” и ЗМИ

Номер плавки	Содержание газов			Механические свойства			Время работы, сут
	Кислород, %	Азот, %	Водород, см ³ /100г	Предел прочности, МПа	Относительное удлинение, %	Ударная вязкость, МДж/м ²	
1	0,065	0,058	11,7	501	19,0	0,35	360
2	0,075	0,074	12,0	492	15,2	0,29	333
3	0,080	0,086	12,3	530	15,9	0,30	300
4	0,092	0,100	13,0	547	15,9	0,29	219
ЗПО*	0,095	0,119	15,0	524	15,0	0,20	90

*10 поддонов плавки текущего производства

Наилучший комплекс свойств имел металл, полученный по следующей

технології: плавка в inductionній печі; кількість легированих відходів в шихті не більше 50%; кінцеве раскислення алюмінієм і силікобарієм – 0,5+5 кг/т; заливка в сухі облицовані форми. Для підвищення фізико-механічних і експлуатаційних властивостей литих деталей оснастки отжигових печей необхідно виплавку сталі 36Х20Н25С2Л виробити в inductionній електропечі з використанням в шихті не більше 50% легированих відходів з кінцевим раскисленням алюмінієм і силікобарієм, заливку готового металу виробити в сухі облицовані форми.

Г.С Токман, Г.Ф. Сімонова, викладач спеціальних дисциплін
(Україна, Кривий Ріг, Криворізький технічний коледж НМетАУ)

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ГАЛУЗІ ПРИ ПІДГОТОВЦІ ШИХТИ ДО КОКСУВАННЯ

Коксохімічне виробництво є важливою галуззю народного господарства і перш за все сировинною базою для металургії. Більша частина коксу йде на потреби чорної металургії для виробництва чавуну, з якого в подальшому отримують сталь.

При коксуванні вугілля з 1т вугільної шихти виходить 740-790кг коксу, 30-40кг кам'яновугільної смоли, 9-11кг бензольних вуглеводнів, 2,5-4,5кг аміаку, 1,5-2кг.

Сучасне коксохімічне виробництво представляє собою складний технологічний комплекс процесів – високотемпературна переробка вугілля, внаслідок якої утворюється кокс, газ і хімічні продукти коксування.

Технологія складання вугільних шихт для отримання продукції являється обов'язковою операцією на кожному коксохімічному заводі (виробництві)

Основними відділеннями вуглепідготовчого цеху являються:

- прийом і розвантаженнями вугілля;
- складування, усереднення і збереження вугілля;
- збагачення вугілля;
- дозування компонентів шихти;
- подрібнення шихти або окремих її компонентів;
- змішування шихти.

Вибір схеми і способів підготовки шихти визначається видом поступаючого вугілля (рядового або збагаченого) і їх технологічними властивостями.

Вирішуючи проблему коксохімічної галузі – дефіцит добреспікаючого вугілля (бережне відношення до корисних копалин), удосконалюються схеми подрібнення вугілля.

Технологічні схеми подрібнення вугілля: звичайна (подрібнення шихти), диференційована (подрібнення компонентів, групи компонентів), вибіркова.

Науково-пошуковою роботою пропонується диференційоване групове подрібнення вугілля, що позитивно впливає на продуктивність виробництва і якість продукції.

Подрібнення вугілля перед коксуванням відбувається для забезпечення в кожному найменшому об'ємі вугільного завантаження присутність зерен всіх компонентів шихти. Ступінь помелу, вихід класу 3 – 0 мм складає для вугільної шихти – $75 \pm 2\%$.

Зерна окремого вугілля в об'ємі коксованої маси контактують між собою по окремих ділянках їх поверхні. Тому чим тісніше контакт між ними, тим більше повною буде взаємодія окремих зерен вугілля і продуктів їх деструкції в процесі спікання, тим повніше і глибше станеться процес спікання і одноріднішим вийде твердий залишок кокс.

Особливу роль в процесі спікання виконує рідка фаза пластичного стану вугілля. Тому в шихті оптимальної спіклivosti повинне утворитися стільки рідкої фази, щоб її вистачало для змочування поверхні усіх зерен коксованої маси. Ні шихту, ні окремі її компоненти не слід подрібнювати дуже тонко, оскільки при цьому виходить велика кількість дрібних класів, що призводить до різкого підвищення питомої поверхні подрібненого матеріалу. Рідкої фази, що виділяється, може виявитися недостатньо для змочування поверхні усіх зерен і їх наступного спікання.

Подрібнення вугілля і шихт перед коксуванням здійснюють для того, щоб забезпечити в кожному найменшому об'ємі вугільного завантаження, що поміщається в пластичному шарі, присутність зерен усіх компонентів шихти. Якщо міра подрібнення усієї шихти або окремих її компонентів дозволяє поміститися в об'ємі пластичної маси (шарі) усім компонентам шихти в заданій кількості, можна вважати подрібнення достатнім. Подрібнення груп вугілля проводиться для підвищення однорідності шихти, що сприяє поліпшенню якості коксу. Так як насипна вага шихти залежить від її подрібнення, що, у свою чергу, визначає економічні показники роботи вуглепідготовчого і коксового цехів. При цьому для забезпечення можливо більш високої щільності завантаження витримується певне співвідношення часток різного розміру шматків вугілля в шихті.

Технологія підготовки вугілля до коксування полягає в наступному:

Відділення прийому і розвантаження вугілля. Основна роль відділення – своєчасне розвантаження вугілля. Основний вид обладнання – вагоноперекидач типу ВРС-2. Число перекидань на годину – 30. Покращення висипання вугілля досягається за допомогою вібраторів.

Складування, усереднення і збереження вугілля відбувається у вугільних складах.

Дозувальне відділення. Нижня частина вугільного складу виконує роль дозувального відділення.

Від точної роботи дозувальних пристроїв залежить склад вугільної шихти та якість продуктів коксування.

Для підвищення ступеня точності дозування шихти дозувальні пристрої блокують зі збірним транспортом.

Відділення остаточного подрібнення. Міра подрібнення і характеристика подрібненого вугілля (диференційоване групове подрібнення вугілля) залежать

від властивостей вугілля і конструктивних особливостей і параметрів подрібнювальних пристроїв.

Відділення змішування шихти. Відділення призначене для ретельного перемішування компонентів вугільної шихти. Технологічний процес усереднення - вирівнювання показників якості вугільної шихти на протязі часу.

Необхідними умовами для одержання однорідної по складу шихти являються високе усереднення, точне дозування, оптимальне подрібнення і ретельне змішування всіх компонентів вугільної шихти перед коксуванням. Ефективність змішування забезпечить присутність компонентів шихти в будь-якому об'ємі, що в свою чергу забезпечить одержання коксу з однаковими властивостями в кожній частині пічної камери. Показники якості вугільної шихти задовольняють вимогам технічних умов, що забезпечує достатній рівень спікаємості і коксуємості шихт.

Ведення технологічних процесів підготовки вугільної шихти до коксування згідно правил технічної експлуатації забезпечить вихід і якість продуктів коксування і збереженість пічного фонду кладки коксових батарей.

Література:

1. Диденко, В.Е. *Технология приготовления угольных шихт для коксования: учеб. пособие*/ В.Е. Диденко. – К.: Вища школа, 1989. – 288с.

2. Дмитриев, М.М. *Краткий справочник коксохимика*/ М.М. Дмитриев, Н.М. Обуховский. - М.: Металлургиздат, 2010. – 252с.

3. Заиквара, В.Г. *Подготовка углей к коксованию*/ В.Г. Заиквара, А.Г. Дюканов. – М.: Металлургия, 1981. – 60с.

4. Лейбович Р.Е. *Технология коксохимического производства: учебник*/ Р.Е. Лейбович, Е.И. Яковлева, А.Б. Филатов. – 3 – е изд., доп. и перераб. – М.: Металлургия, 1982. – 360с.

В.О.Коровка, студент , О.В.Суворова, магістр інженерної механіки
(Україна, Кривий Ріг, Криворізький технічний коледж НМетАУ)

ТЕОРІЯ ФРАКТАЛЬНИХ СТРУКТУР У МЕТАЛОЗНАВСТВІ

Використання нових уявлень для опису складних структур дозволяє підняти на новий щабель моделювання фізико-хімічних процесів при отриманні нових матеріалів. Застосування принципів синергетики і теорії фрактальних структур дає можливість ввести в цей аналіз ступінь нерівноважності системи і описати еволюцію процесів самоорганізації структур. Це слугити базою для отримання сплавів з заданими властивостями.

Мета: показати у науковій роботі можливість подальшого поліпшення фізико-механічних властивостей сплавів шляхом їх отримання в нерівноважних умовах, що відповідають самоорганізації фрактальних структур.

Розвиток техніки вимагає випереджаючого розвитку матеріалознавства. В умовах, коли часовий розрив між ідеєю конструктора і її втіленням повинен бути мінімальним, основним завданням матеріалознавства стає створення матеріалів із заданими властивостями, що в епоху інформатики, кібернетики і засобів обчислювальної техніки видається цілком реальним. Першочерговим завданням

стає моделювання матеріалів з використанням тріади модель-алгоритм-програма, яка має унікальні можливості прогнозування оптимальних матеріалів і широкого використання математичних методів рішення металургійних завдань. В останні роки створені нові матеріали (аморфні, з пам'яттю форми, функціонально-градієнтні і ін.) І нові технології, пов'язані, головним чином, з нерівноважними умовами отримання матеріалів.

Методологічною основою отримання матеріалів із заданими властивостями є принципи синергетики, відповідно до яких ефективно управління властивостями матеріалів і їх оптимізація можливі тільки в умовах самоорганізації структур. Дослідження останніх років показали, що структури, які самоорганізуються мають властивості фрактальності, тобто вони можуть бути кількісно описані за допомогою фрактальної розмірності.

В даний час досягнуто розуміння того, що ґносеологічною базою системи знань є з'єднання принципу матеріальної єдності світу з принципом розвитку. Ця ідея була закладена ще в 1937-1938 рр. В.І. Вернадським. Відводячи визначальну роль еволюційним процесам в біосфері і їх незворотності, а також зв'язку з особливою геометричною структурою простору, В.І. Вернадський писав: "Ми зараз маємо право допустити в просторі, в якому ми живемо, 'прояв геометричних властивостей, що відповідають усім трьом формам геометрії - Евкліда, Лобачевського і Рімана. Чи правильно буде цей висновок, логічно цілком незаперечна, покаже подальше дослідження ". Це незаперечна, але не відразу зрозуміле твердження отримало підтвердження відносно недавно, з розвитком двох взаємопов'язаних між собою напрямків: синергетики як теорії систем, що самоорганізуються і уявлень про фрактали, як про само подібні структури, які не можуть бути описані в рамках евклідової геометрії.

Традиційні методи геометрії, широко використовувані в природничих науках, в тому числі в матеріалознавстві і механіки деформованих тіл, засновані на наближеною апроксимації структури досліджуваного об'єкта геометричними фігурами, наприклад лініями, відрізками, багатокутниками, многогранниками, сферами, метрична і топологічна розмірності яких рівні між собою. При цьому внутрішня структура досліджуваного об'єкта, як правило, ігнорується, а процеси утворення структур і їх взаємодії між собою і з навколишнім середовищем характеризуються інтегральними термодинамічними параметрами. Це, природно, призводить до втрати значної частини інформації про властивості і поведінці досліджуваних систем, які, по суті, замінюються більш-менш адекватними моделями. У деяких випадках така заміна цілком виправдана. У той же час відомі ситуації, коли використання топологічних нееквівалентних моделей принципово неприпустимо. Зокрема, при вивченні складних динамічних систем необхідно враховувати особливості топології як тонкої структури об'єктів, так і фазових траєкторій системи. Дробна метрична розмірність таких об'єктів не тільки характеризує їх геометричний образ, але і відображає процеси їх утворення і еволюції, а також визначає динамічні властивості.

Хоча в математиці вже давно були відомі об'єкти геометрії, що мають дробову розмірність, тільки зараз поняття про фрактали стало основою для

розгляду різних оточуючих нас природних форм. Б. Мандельброт визначив поняття фрактала як структуру, що складається з частин, які в якомусь сенсі подібні цілому. Згідно Мандельброту, багато форм, які раніше характеризувалися як зернисті, гідро подібні, схожі на морські водорості, дивні, заплутані, гіллясті, пористі, зморшкуваті і т.п., відтепер можуть вивчатися і записуватися в строгих кількісних термінах. Фрактали дають надзвичайно компактний спосіб опису об'єктів і процесів.

Використання концепції фракталів в металургії і матеріалознавстві, що є науковим фундаментом отримання матеріалів із заданими властивостями, сприяє прогресу в цьому напрямку. Теорія фракталів переводить на більш високий рівень поняття про структуру і, що особливо важливо, дає ключ до розвитку фрактального матеріалознавства на основі кількісної оцінки динамічних структур, що визначають кінцеві властивості продукту.

Як виміряти довжину звивистої лінії або оцінити шорсткість поверхні? Евклідова геометрія не дає відповіді на це питання. Уявлення про фрактальну геометрію природи, введені Мандельброт, стали основою для кількісного опису фрактальних об'єктів. Розрізняють геометричні, або регулярні, фрактали (типу безлічі Кантора, фігур Коха, трикутника і килима Серпинського і ін.) І природні, природною фрактали (колоїдні агрегати, хмари, полімери, пористі середовища, дендрити, тріщини, поверхні твердих тіл і ін.).

Висновки: наведені приклади фрактальності природних об'єктів показують наявність впорядкованості в структурах, які здаються зовні безладними. Звідси виникає необхідність подальшого вивчення фрактальних структур для встановлення зв'язку фрактальної розмірності з властивостями середовища.

Крім того, розглядаються експериментальні методи дослідження природних фракталів, що володіють, як правило, лише статистичною само подібністю в обмеженому інтервалі просторових масштабів.

Література:

- 1.Иванова В.С. и др.Синергетика и фракталы в материаловедении / В.С. Иванова, А.С. Баланкин, И.Ж. Бунин, А.А. Оксогоев. — М: Наука, 1994. — 383 с.: ил.
- 2.Вернадский В.И. Научная мысль как планетное явление. М.: Наука, 1991.271 с.
- 3.Хакен Г. Синергетика. М: Мир, 1980.400 с.
- 4.Яглом И.М. Современная культура и компьютеры. М.: Наука, 1990. 48 с. (Математика и кибернетика; № 11).

УДК 621.771

Н.А.Мельник, В.А. Чубенко канд.техн.наук., доц.
(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

ЗАКОНОМІРНОСТІ ВПЛИВУ РЕЖИМІВ ОБТИСНЕННЯ НА ШВИДКІСТЬ ТА ЧАС ПЕРЕБУВАННЯ МЕТАЛУ МІЖ ВАЛКАМИ ПРИ ПРОКАТУВАННІ

Розглянуто осередок деформації, що утворюється при прокатуванні, досліджено сили, що діють при обробці металів, витрати енергії на процес. Удосконалено методика визначення

об'єму і поверхні осередку деформації за рахунок отримання нових залежностей, які впливають на процес прокатування. Складено баланс зовнішньої поверхні, об'єм і час перебування металу в осередку деформації. Визначено закономірності впливу об'єму осередку деформації та його параметрів на час перебування металу в осередку деформації.

Подальший розвиток прокатного виробництва пов'язаний з використанням нових прогресивних технологій, що забезпечують раціональне використання енергетичних ресурсів. Вихідні параметри виробу та величини обтиснення суттєво впливають на осередок деформації при прокатуванні, його об'єм, час знаходження металу між валками, швидкість відносного переміщення металу, що характеризує продуктивність процесу. Визначення раціональних швидкісних режимів повздовжнього прокатування є задача актуальна, що дозволить покращити ефективність обробки при зменшенні енерговитрат на обтиснення.

На величину енергетичних витрат впливає величина обтиснення та швидкість деформації металу. Дослідниками багато уваги приділено впливу технологічних параметрів на осередок деформації при прокатуванні [1 - 3], швидкісним режимам деформації з метою визначення раціональних режимів обтиснення. Досліджено сили, що виникають в осередку деформації [4] та їх вплив на стійкість смуги.

Дослідження показали, що не визначено взаємозв'язок між величиною обтиснення та швидкістю деформації. У зв'язку з цим потрібно виявити закономірності впливу величини обтиснення на швидкісні умови прокатування.

Метою даної роботи є визначення швидкісних умов прокатування в об'ємі осередку деформації для виявлення закономірностей впливу параметрів обробки на швидкість та час перебування металу між валками.

В роботі удосконалено методику визначення об'єму і поверхні осередку деформації за рахунок отримання нових залежностей, які впливають на процес прокатування.

Об'єм осередку деформації визначено за формулою:

$$V_{odcp}=0,5 Bb_0h_0\sin\alpha \quad (1)$$

де B – коефіцієнт, що залежить від режимів обтиснення та діаметру валків, $B=1,8\div 2,1$; V_{odcp} - об'єм осередку деформації середній при повному режимі; b_0 – початкова ширина смуги; h_0 – початкова висота смуги.

Перевірка адекватності пропонуємих формул для визначення об'єму показала можливість похибки менше 1%, а відношення швидкостей металу на вході і виході осередку деформації менше 5%, що свідчить про достатню точність виявлених залежностей.

Визначено час перебування металу в осередку деформації за формулою:

$$\tau = c_\tau \frac{V_{odch}}{v_0 F_0}, \quad (2)$$

v_0 - швидкість металу (м/с), який проходить через початкову площу поперечного перерізу $F_0 = b_0 h_0$.

Швидкість утворення нової поверхні при прокатуванні:

$$v_{\Delta h} = \frac{\Delta F}{\tau}, \quad (3)$$

де ΔF – величина новоутвореної поверхні.

Уявлення про характер розподілу швидкостей деформації та дані про реологічні особливості металів дозволили вперше пояснити, яким чином відбувається збільшення або зменшення міцності металу. Було складено баланс зовнішньої поверхні, об'єм і час перебування металу в осередку деформації.

Розрахунок часу перебування металу в осередку деформації показав, що метал під час прокатування знаходиться в осередку деформації в межах від $7 \cdot 10^{-5}$ до 0,2 с в залежності від режимів обробки. Для збільшення продуктивності процесу потрібно зменшувати час перебування металу в осередку деформації, що можливо при зменшенні початкової товщини смуги, або при збільшенні швидкості деформації.

Висновки: в роботі запропоновано нову методику визначення об'єму і поверхні осередку деформації та часу перебування металу в ньому. Виконано перевірку адекватності пропонуємих залежностей, яка доводить, що при визначенні об'єму осередку деформації можливість похибки менше 1%, а відношення швидкостей металу на вході і виході осередку деформації менше 5%, що свідчить про достатню точність виявлених залежностей.

Виявлено закономірності впливу початкових умов прокатування на час перебування металу між валками та швидкість деформації, що дозволяє зменшити час перебування металу в осередку деформації і, відповідно, збільшити продуктивність процесу.

Література:

1. Василев В.Д., Мінаєв А.О. *Теорія поздовжньої прокатки: монографія* / В.Д.Васильєв, А.О.Мінаєв – Донецьк: УНІТЕХ, 2009. – 488 с.
2. *Теорія процесів обробки металів тиском: Підручник.* // Данченко В.М., Грінкевич В.О., Головка О.М. – Дніпропетровськ: Пороги, 2008. – 370 с.
3. Чубенко В.А. *Дослідження об'ємноструктурних і енергетичних перетворень в сталях при прокатуванні: Монографія.* // В.А.Чубенко, А.А.Хіноцька – Кривий Ріг: Видавництво (ФО-П Чернявський Д.О.), 2018. – 178 с.
4. Максименко О.П. *Баланс продольных сил в очаге деформации и предельные условия прокатки* / О.П. Максименко, Д.И. Лобойко // *Металлургическая и горнорудная промышленность.* № 4 (301), 2016. – С 34-37.

УДК 621.771

Н.А.Мельник, В.А. Чубенко, канд.техн.наук., доц.
(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

РЕГУЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНО-ДЕФОРМАЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОКАТУВАННЯ

Визначено, що під час прокатування утворюється осередок деформації, який характеризується коефіцієнтами і параметрами та температурним режимом, що впливає на

витрати енергії. Визначено енергетичний баланс осередку деформації при прокатуванні, що дозволило з достатньої точністю визначати температуру металу в осередку деформації.

Постановка проблеми, її зв'язок з науковими і практичними роботами.

Теорія і технологія обробки металів тиском досягли суттєвих результатів в підвищенні продуктивності устаткування і якості готової продукції. Одним з найбільш важливих факторів розвитку прокатного виробництва – це можливість здійснювати абсолютний контроль за температурно-деформаційним процесом при обтисненні з метою зменшення витрат енергії на процес за рахунок регулювання режимів обробки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Кількість витраченої енергії на прокатування залежить від оброблюваного матеріалу, його опору деформації при обтисненні, від температури, ступеню та швидкості деформації, що в свою чергу впливає на собівартість та якість отриманої продукції [1]. При прокатуванні утворюється осередок деформації, що знаходиться між валками, який характеризується визначеною формою, розмірами, коефіцієнтами та параметрами [2, 3]. Від цих показників залежить як сам процес обробки металів тиском, так і витрати на нього і якість отриманого виробу. Саме в осередку деформації відбувається зміни розмірів і форми виробів та їх структури, на що витрачається енергія.

При постійному об'єму осередку деформації відбувається зменшення товщини, уширення та подовження розкату, підвищується його температура, на що також витрачається енергія [3]. Температурний режим прокатування виявляє суттєвий вплив на механічні властивості виробів, опір деформації, структуру і якість прокату. Дослідження зміни температури при прокатуванні [4] виявили, що при гарячому прокатуванні у осередку деформації температура може підвищуватися на 140°C . При холодному прокатуванні температура вихідних заготовок складає $20 - 60^{\circ}\text{C}$. Але за рахунок тепла, що виділяється у осередку деформації штаба розігрівається на $150 - 250^{\circ}\text{C}$ [5].

Формулювання раніше не вирішених частин загальної проблеми. Існуюча теорія прокатування зупинилася на визначенні моментів на валках та потужності двигунів. Але для вибору режимів прокатування, тобто, яким воно повинно бути – теплим чи гарячим, через який час після виходу з валків необхідно охолоджувати розкат і на скільки градусів, щоб процес високотемпературної обробки зробити керованим, необхідно мати правильне уявлення про енергетичний баланс осередку деформації.

Метою даної роботи є визначення енергетичного балансу осередку деформації при прокатуванні, який забезпечує визначення температурно-деформаційних параметрів

Виклад основного матеріалу досліджень. На виконання роботи деформації витрачається енергія, яка входить в осередок деформації через контактну поверхню між розкатом та валками. Іншими прибутковими статтями енергетичного балансу осередку деформації є енергія заготовки перед входом у валки, її тепловміст, кінетична та потенційна енергія. Кінетична енергія як заготовки, так і розкату характеризується їх масою і швидкістю. Потенційна

енергія як заготовки, так і розкату представлена поверхневою енергією та їх міцністю.

В осередок деформації енергія входить за такими статтями: у вигляді фізичного тепла заготовки; у вигляді механічної енергії валків, яка виконує роботу стиснення металу і надання йому кінетичної енергії подальшого руху після виходу з валків; потенційна енергія поверхневого натягу; потенційна енергія міцності сталі.

Витрата енергії в осередку деформації обумовлена наступними статтями: кінетична енергія розкату, що утворилася з кінетичної енергії, переданої металу через контактну поверхню поверхнею валків та створенням тиску в осередку деформації, який виштовхує метал з цього осередку деформації в уширення і подовження з визначеною швидкістю; енергія утворення нової поверхні внаслідок прокатування в осередку деформації; робота деформації металу; фізичне тепло розкату.

Таким чином, складено нову методику визначення витрат енергії на прокатування, що дає змогу визначити раціональні режими прокатування, що дозволяють зменшити витрати енергії.

Висновок. Розрахований енергетичний баланс осередку деформації показав, що під час холодного і теплого прокатування прихід енергії перевищує його витрати. Збалансування відбувається за рахунок підвищення температури в осередку деформації. Під час гарячого прокатування витрати енергії перевищують прихід енергії, що підтверджує можливість зменшення температури. Розрахунки дозволили з достатньою точністю визначати температуру металу в осередку деформації.

Література:

1. Василев В.Д. *Теорія позовжньої прокатки: монографія* / В.Д.Васильев, А.О.Мінаєв – Донецьк: УНІТЕХ, 2009. – 488 с.
2. *Теорія процесів обробки металів тиском: Підручник.* //Данченко В.М., Грінкевич В.О., Головка О.М. – Дніпропетровськ: Пороги, 2008. – 370 с.
3. Чубенко В.А. *Дослідження об'ємноструктурних і енергетичних перетворень в сталях при прокатуванні: Монографія.* // В.А.Чубенко, А.А.Хіноцька – Кривий Ріг: Видавництво (ФО-П Чернявський Д.О.), 2018. – 178 с.
4. *Прокатное производство: Уч-к для вузов/ П.И. Полухин, Н.М. Федосов, А.А.Королев.* – М.: Металлургия, 1982. – 695 с.
5. *Енергетичний баланс та реологічні властивості осередку деформації при прокатуванні штаби гладкими валками: монографія* / М.М.Бережний, В.А.Чубенко, А.А.Хіноцька – Кривий Ріг: Діоніс, 2011. – 120 с.

Самарчук О., учень 10 класу, Моїсєєв В., учень 11 класу
Моїсєєва Ю.В., керівник, вчитель фізики, спеціаліст вищої кваліфікаційної категорії (Україна, Кривий Ріг, НВК «ЗНЗ - Тернівський ліцей»)

ГРАФЕН, ЯК ОСНОВА ВУГЛЕЦЕВИХ НАНОСТРУКТУР

Розвиток робіт в області нанотехнологій і наноматеріалів, системний підхід до організації відповідних наукових досліджень і впровадження їх результатів в

промислове виробництво, становлення наноіндустрії як самостійної галузі інноваційної економіки набувають особливої значимості. Розвиток органічних напівпровідників і відкриття нових форм вуглецю (фуллерен, вуглецеві нанотрубки, графен) стимулювали інтерес до синтезу нових вуглецевих матеріалів.

В роботі розглянуто:

Основні вуглецеві наноструктури, їх види

- Графен, як основа
- Фулерени
- Застосування фулеренів в медицині
- Нанотрубки

Графен, як серйозне фундаментальне досягнення

- Історія відкриття
- Отримання графена
- Властивості графена
- Пояснення Гейма про одношарову структуру графена
- Застосування та перспективи графена

Останні результати зі спостереження показують, що графен зайняв місце одного з найважливіших об'єктів саме фундаментальних досліджень. Проте, попри такий теперішній статус графену, очевидно, що дуже велику увагу приділятимуть його можливим практичним застосуванням. Можна сподіватись на створення працездатних і таких, що вироблятимуть у промислових умовах, графенових транзисторів. Скажімо, нещодавно прозорий лист з графену розміром понад 70 см став основою міцного сенсорного екрана. Графен може бути використаний також як ефективний газовий сенсор, який відчуває присутність навіть однієї молекули газу на його поверхні. Нові композитні матеріали на основі графену можуть знайти застосування в космічних супутниках і літаках. Як швидко здійсниться мрія "graphenium inside", або з'явиться графеновий процесор, і скільки буде можливих практичних застосувань не тільки графену, а й його похідних (гідрогенізованого графену (CH) — графану, флюорографену (CC1) тощо) покажуть майбутні дослідження, які з інтенсивним наростанням тривають у лабораторіях усіх розвинених країн світу.

Додаймо також, що можливе виникнення сплеску нових глибоких досліджень кілька шарових графенових плівок (few_layer graphene), рухливість носіїв в яких за певних умов може помітно перевищувати її в одношаровому графені. Окреме місце посідає вивчення двошарового графену, де відносно легко можна не тільки створювати таку важливу для транзисторного ефекту енергетичну щілину в електронному спектрі, а й керувати її величиною за допомогою зовнішнього електричного поля.

Висновки: Вуглець існує в твердій фазі в декількох модифікаціях, властивості яких різко відрізняються: графіт, алмаз, карбін, фулерен, нанотрубка. Важлива особливість вуглецю - здатність утворювати ланцюжки -C-C-C-, які лежать в основі високомолекулярних сполук.

В основі будь-якої вуглецевої наноструктури лежить графен - двомірна алотропна модифікація графіту, створена шаром атомів вуглецю товщею в один атом.

Різноманітність галузей та широкий спектр застосування вуглецевих наноструктур викликав інтерес великої кількості науковців, що вже принесло неабиякі результати.

Нобелівська премія витягла графен на перші шпальти не тільки наукових видань, — він і його винахідники стали героями численних ЗМІ та Інтернету, що викликало неабиякий інтерес до нового матеріалу широкої непрофесійної аудиторії.

Література:

1.Ткалич, В.Л. *Физические основы нанoeлектроники [Текст]: уч. пос. для студ. СПбГУ ИТМО / В. Л. Ткалич, А. В. Макеева, Е. Е. Оборина. - СПб.: Изд-во СПбГУ, 2011. - 83 с.*

2.Гусинін, В. П. Графени: пік імені Нобеля підкорено. Що далі? [Текст] / В. П. Гусинін, В. М. Локтев, С. Г. Шарапов // *Світогляд. - 2011. - №1. - С. 44-50.*

3.Кожитов, Л. В. *Перспективные наноматериалы на основе углерода [Текст] / Л. В. Кожитов, И. В. Запорожкова, В. В. Козлов // Вестник ВолГУ. Сер. 10. Технические инновации. - 2009-2010. - Вып. 4. - С. 63- 85.*

4.Прилуцька, Ю. М. Фулерен Сбо та його похідні як протипухлинні агенти: проблеми і перспективи [Текст] / С. В. Прилуцька, Ю. М. Кічмаренко, К. І. Богуцька, Ю. І. Прилуцький // *Біотехнології. Сер. Огляди. - 2012. - Т. 3, № 3. - С. 9-17.*

5.Сорокин, П. Б. *Полупроводниковые наноструктуры на основе графена [Текст] / П. Б. Сорокин, Л. А. Чернозатонский // Успехи физических наук. Сер. Обзоры актуальных проблем - 2013. - Т. 183, № 2. - С. 113- 132.*

УДК 622.7

Ю.В. Буханець магістр, Л.В. Скляр, канд. техн. наук, доц.,
(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

ВИКОРИСТАННЯ ОПЕРАЦІЙ ТОНКОГО ГРОХОЧЕННЯ ПРИ ЗБАГАЧЕННІ МАГНЕТИТОВИХ КВАРЦИТІВ В УМОВАХ ПІВНГЗК

Для успішної конкуренції на ринку залізорудної сировини необхідно підвищувати вміст заліза в концентраті. Існують різні методи підвищення якості концентрату. Найбільш ефективним являється застосування операції флотації в схемі збагачення магнетитових кварцитів, але флотація дуже сильно впливає на екологію, тому в схемах збагачення магнетитових кварцитів встановлюють тонке грохочення, яке підвищує якість концентрату.

Були проведені дослідження на ПІВНГЗК по використанні тонкого грохочення для стадіального виведення готового продукту по крупності перед останньою стадією подрібнення. За даною технологією отримано концентрат з вмістом заліза 67,2% і вилученням заліза - 72,1%, але запропонована технологія вимагала значної реконструкції діючі фабрики.

Тому в нашій роботі ми розглядали можливість застосування тонкого просівання на останній стадії збагачення. Приступаючи до роботи, ми

використовували поняття розкриття мінералів. При цьому оцінювали ситові характеристики з розподілом заліза в класах крупності магнетитових продуктів.

Аналіз розкриття зростків мінералів вихідної руди, подрібнений до крупності $-20 + 0$ мм показав, що кварц починає розкриватися з 2 мм і майже повністю розкривається при крупності менше 0,044 мм. Коефіцієнт розкриття мінералів в пробі руди низький, становить для кварцу 6,44 %, магнетиту -5,53 %, гематиту – 6,87 %, що стосується інших нерудних компонентів, то карбонати і силікати починають розкриватися з крупності -1 мм і повністю розкриті у фракції $-0,044$ мм $+ 0$ мм. Підвищений вміст заліза в тонких класах у вихідній руді, додробленої до $-20-0$ мм, обумовлюється відмінністю в міцності магнетиту і кварцу.

Рудні мінерали характеризуються тим, що верхні класи крупності (більше 0,1 мм) представлені на 99-88% зростками. Основне розкриття магнетиту і гематиту відбувається в крупності $-0,074 + 0$ мм. В середньому по пробі розкриття мінералів становить близько 6,23 %.

В ході виконання досліджень встановлено високе розкриття мінералів після третьої та четвертої стадії збагачення. Продукт третьої стадії магнітної сепарації представлено на 80,9% магнетитом. Вміст нерудних мінералів в пробі 16,85%. Вільного кварцу до 8%, він знаходиться в зростках. Коефіцієнт розкриття кварцу – 49,3 %, магнетиту – 78,86 %.

Продукт четвертої стадії магнітної сепарації представлено на 84,97 % магнетитом. Вміст нерудних мінералів в пробі 13,3 %. Вільного кварцу трохи більше 8 %, він знаходиться в зростках. Коефіцієнт розкриття кварцу – 38,22 %, магнетиту – 79,01 %.

Масова частка заліза в концентраті діючої фабрики становить 65 %. Дана якість не задовольняє вимогам ринку до товарної продукції, тому на основі розкриття мінералів розглянуто можливість установки високочастотного грохоту після 4 стадії магнітної сепарації з розсівом по класу 0,045 мм.

В надрешітному продукті присутня значна кількість дрібного класу. Цим пояснюється і висока масова частка заліза в надрешітному продукті 63,96 %. Тому в запропонованій схемі обов'язкова установка класифікації надрешітного продукту в гідроциклоні. Піски гідроциклону направляються на іншу секцію в 3-стадію подрібнення.

Для отримання концентрату з масовою часткою заліза 68 % необхідна п'ята стадія магнітної сепарації. У запропонованій схемі передбачена операція розмагнічування, яка застосовується для дефлокуляції частинок в пульпі. Наявність флокул в готовому концентраті, що надходить на тонке грохочення призводить до зниження якості концентрату. Для стабільної роботи тонкого грохоту необхідна операція розмагнічування яка, по-перше, збільшить ефективність грохочення, по-друге звільняє захоплені нерудні зерна з флокулами.

Згідно з результатами проведених досліджень можливо випуск концентрату з вмістом заліза більше 68,03 %, 26,08 % по виходу і вилученням 50,19 %. Піски класифікації 15,26 % по виходу з якістю 63,03 % і вилученням 27,21 % допрацьовуються на іншій секції з отриманням концентрату 65,5 %. Вихід

концентрату складає 13,74 %, сумарний вихід товарного продукту становить 39,82 % з вилученням 75,65 %.

УДК 622.7

В.В.Зінченко, магістр, Л.В. Скляр, канд. техн. наук, доц.,
(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

ОСНОВНІ НАПРЯМКИ УТИЛІЗАЦІЇ ЗОЛОШЛАКОВИХ ВІДХОДІВ ТЕПЛОЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

Переробка твердого палива пов'язана зі значним виходом мінеральних відходів. На сьогоднішній день у відвалах чотирнадцяти ТЕС України акумульовано 358,8 млн т золошлаків які займають площу 3170 га і є джерелами несприятливої екологічної обстановки в регіонах. Щорічно збільшується вартість транспортування золи і шлаків ТЕС у відвали, вартість будівництва золовідвалів та їх реконструкції.

Тривалий час вважалося, що мінеральні компоненти твердого палива є баластом при його переробці, тому відходи прямували у відвали, що тягло за собою зростання обсягів золовідвалів, спорудження яких пов'язане з відчуженням орної землі, вимагало великих капітальних витрат і порушує природний екологічний баланс.

Зола і шлаки утворюються в результаті термохімічних перетворень неорганічної частини палива і розрізняються за хіміко-мінералогічним складом, фізико-механічними властивостями в залежності від виду палива і його походження. Зола більшості видів палива на 98-99% складається з вільних і пов'язаних хімічних сполук оксидів кремнію, заліза, алюмінію, кальцію, магнію, калію, натрію, титану, сірки. З мікрокомпонентів в золі містяться: бор, молібден, германій, галій, уран, миш'як, ванадій, ртуть, цинк та інші. Враховуючи речовий склад і фізико-механічні характеристики мінеральних частин згорілого палива, відходи ТЕС можна розглядати як складну техногенну сировину, придатну для переробки відомими методами.

Рівень переробки та використання золошлакових відходів (ЗШО) за останні 10 років коливався від 3 до 13% їх річного виходу. Використання ЗШО в США становить 22 %, в Китаї - 25 %, в країнах ЄС - 90 %. У Німеччині функціонує найбільша на європейському континенті фірма з використання зол ТЕС-Bau Mineral (BM). Створено та діє Технічна Спілка споживачів побічного продукту ТЕС.

Області використання: добавки в бетон, розчин, цемент, силікатні вироби, виробництво цегли, підземне і дорожнє будівництво.

Одним з найбільш перспективних напрямків переробки золошлакових відходів є виробництво з них пористих заповнювачів для легких бетонів. Дрібний заповнювач замінюється золою. В якості заповнювачів застосовують щебінь з паливних шлаків, аглопорит на основі золи, зольний випалювальний і

безвипалювальний гравій і глинозольний керамзит. Розробка технології виробництва випалювального і безвипалювального зольного гравію, дозволяють використовувати практично будь-які золи, одержувані від спалюванні різних видів вугілля.

Встановлена ефективність введення золи до 20-30% замість цементу при виготовленні бетонів і розчинів. Особливо доцільно введення золи в бетон гідротехнічних споруд. Золошлакові відходи використовують для виробництва силікатної цегли, при цьому витрата вапна знижується на 10-50%, піску на 20-30%. Така цегла має більш низьку щільність, ніж звичайна. Паливні зола і шлак застосовуються в якості вигоряючих добавок в виробництві керамічних виробів на основі глинистих матеріалів, а також в якості основної сировини для виготовлення зольної кераміки. З золошлаків отримують мікросфери – унікальний матеріал, який вже більш як 30 років використовується в самих різних галузях сучасної промисловості. Завдяки хімічному складу мікросфери використовуються в органічних розчинах, кислотах або лугах без втрати властивостей, а також не втрачають властивостей при температурах, перевищуючих 980°C. Застосування золошлаків в сільському господарстві покращує агрофізичні властивості ґрунту, поповнює її макроелементний склад, покращує пористість, нейтралізує кислотність. Золошлаки містять домішки багатьох цінних елементів, включаючи рідкісні землі і дорогоцінні метали. При спалюванні вугілля їх% зміст в золі зростає в 5-6 разів і становить промисловий інтерес. На території України середньорічний вихід шлаків досягає 14 млн. т. і у зв'язку з погіршенням якості палива має тенденцію до зростання. Тому залучення золошлакових відходів до переробки є актуальною темою на сьогоднішній час. Подальші дослідження направлені на розробку комплексної технології переробки золошлаків.

УДК 622.7:631.851

А.Ю. Скляр, студентка Т.А. Олійник, доктор техн. наук, професор,
(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

ВИЛУЧЕННЯ СІРКИ З МАГНЕТИТОВИХ КОНЦЕНТРАТІВ ЦГЗК

Особливістю магнетитового концентрату Центрального гірничо-збагачувального комбінату є високий вміст сірки, яка знижує екологічну чистоту подальшої металургійної переробки. Згідно вимогам світового ринку масова частка сірки у магнетитових концентратах не повинна перевищувати 0,05-0,1%. У реальних умовах діючого комбінату ці значення суттєво відрізняються, що обумовлено коливанням масової частки сірки у вихідній руді. При подальшій переробці концентрату в атмосферу потрапляє близько 300 кг/год оксиду сірки. Ця проблема актуальна не лише для українських ГЗК, високий віст сірки в магнетитових концентратах також спостерігається на гірничо – збагачувальних фабриках ближнього та дальнього зарубіжжя.

В ході виконання роботи проведено аналіз і узагальнено досвід зарубіжного видалення сульфідних мінералів при збагаченні залізних руд. Встановлено, що головними способами видалення сірки є термомагнітна сепарація та флотаційний метод розділення.

Для розробки технології знесірчення магнетитових руд вивчено особливості речовинного складу магнетитових руд, магнетитових концентратів, мінеральний склад різновидів залістистих кварцитів, склад піротину та розподіл сірки за продуктами збагачення. ПРАТ ЦГЗК переробляє руди з трьох родовищ: Артемівського, Петровського та Великої Глеюватки. Встановлено, що сульфідні заліза концентруються у таких різновидах як силікатно-магнетитові, карбонат-хлорит-магнетитові та карбонат-хлорит-магнетитові.

Технологія магнітного збагачення магнетитових кварцитів не забезпечує зниження масової частки сірки. При даній схемі магнітного збагачення більш 60 % сірки переходить у магнітний продукт. Аналіз фізичних властивостей основних мінералів показує, що сульфідні мінерали і магнетит мають близьку густину, але розрізняються магнітними властивостями. Пірит і піротин немагнітні мінерали. Пірит і гексагональний піротин – немагнітні мінерали, а моноклінний піротин – феромагнетик. Мінеральний аналіз показав, що у концентраті головними носіями сірки є піротин, причому 94 % піротину присутні у вільному вигляді та крупності 10-40 мкм. На підставі вивчення речового складу, хімічних, мінералогічних властивостей магнетитових кварцитів і властивостей сульфідних мінералів прийшли до висновку про доцільність проведення сульфідної флотації.

На першому етапі проводилися дослідження по встановленню реагентного режиму і вивченню факторів, які впливають на процес сульфідної флотації: вибір і витрати регуляторасередовища, активатора сульфідних мінералів, збирача, часу контакту з реагентами, часу флотації, щільності пульпи. Найкращі показники по масовій частці сірки і вилученню отримані при витраті реагентів (кг/т): бутиловий ксантогенат – 200 г/т, сірчана кислота – 200 г/т, мідний купорос – 400 г/т, спінювач – ОПСБ – 60 г/т.

При вивченні флотації піротинів було досліджено вплив лужності середовища і вмісту неминучих іонів (кальцію, магнію): дія різних активаторів, спінювачів, збирачів. Встановлено, що підвищення рН середовища знижує флотуємість; введення іонів кальцію і магнію 100-200 мг/л знижує показник флотації; введення мідного купоросу вище 100 г/г підвищує вилучення піротину. Отримано залежність крупності матеріалу на флотацію піротину, встановлено, що найбільш сприятливою крупністю продукту є клас мінус 63 мкм.

Таким чином, встановлено, що флотаційні методи збагачення дають можливість вилучати сульфідні заліза з магнетитового концентрату. Для розробки принципової схеми видалення сульфідів заліза з магнетитового концентрату подальші дослідження спрямовані на: встановлення залежності витрат збирача від співвідношення сірки та заліза; вплив окислення піротину на процес флотації.

В.М. Курило, магістр, Н.В. Кушнірук, доц. канд. техн. наук,
(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

ОБҐРУНТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ЗБАГАЧЕННЯ ВІДХОДІВ ПЕРЕРОБКИ МАГНЕТИТОВИХ КВАРЦИТІВ

Україна володіє значними запасами залізної руди, що становить 30 млрд.т, з яких у Криворізькому залізорудному басейні зосереджено приблизно 18 млрд.т. Що у свою чергу, призвело до утворення гірничо-збагачувальних комбінатів які здійснюють видобуток та переробку даної сировини. В наслідок, тривалої роботи даних комбінатів, а саме понад 50 років, утворилися хвостосховища, що містять близько 4 - 6 млрд. тон відходів збагачення бідних залізних руд. Так п'ять діючих комбінатів на теперішній час заскладували відходи збагачення залізних кварцитів у шести хвостосховищах: балка "Петрова" (Північний ГЗК) – 375 млн м³; балка "Лозуватка" (ЦГЗК) – 246 млн м³; "Войкове" (ПівдГЗК) – 106 млн м³; "Об'єднане" (Південний ГЗК, НКГОК) - 250 млн м³; балка "Грушувато" (ПівдГЗК) – 19 млн м³; "Миролюбівка" – 105 млн м³; "Миколаївка" (ІнГЗК) – 283 млн м³. [1] Дані хвостосховища займають значні площі і мають негативний вплив на навколишнє середовище.

З метою зменшення об'ємів вже заскладованих відходів у хвостосховищах можливе впровадження повторного використання накопичених відходів.

На території України повторне використання накопичених відходів практикується на ПрАТ «Центральний ГЗК».

Дослідженню піддавалися промислові відходи накопичені у хвостосховищах ПАТ «ПівдГЗК».

Під час роботи були розглянуті такі завдання: вивчення речовинного складу відходів збагачення, вивчення технологічних властивостей відходів, розглядалась збагачувальність хвостів з використанням поліградієнтної сепарації та доподрібнення матеріалу до 94% класу -0,071мм.

У ході роботи було виявлено, що за хімічним складом відходи характеризуються пониженим загальним вмістом SiO₂ – 61,16 % та незв'язаним SiO₂ – 53,45 %, збільшеним вмістом окислів заліза та карбонатів. Останні окисли містяться у невеликій кількості. Мінералогічний аналіз хвостів ПівдГЗК показує, що рудна частина займає 14,1 % при вмісті заліза загального 12,6%, гематиту 8,5%. З них 6,6% гематиту знаходиться у вільних зростках, 1,3% – у зростках та 0,4% – у вкрапленнях. Магнетит у більшості представлений тонкими вільними зернами і становить 0,6% та у зростках – 0,4%. Значний вміст залізистих мінералів унеможливорює застосування відходів збагачення для використання їх у будівельній промисловості. В наслідок чого, була розроблена технологія яка б максимально дозволила вилучати залізисті мінерали з хвостів. Що у свою чергу дало б можливість використовувати відходи у якості кремнезистої добавки при виготовленні бетону.

Дослідження проводилися за різними схемами збагачення: з попередньою класифікацією і без класифікації вихідних хвостів; з доподрібненням і без доподрібнення крупної і мілкої фракції хвостів до різної крупності.

Збагачення здійснювалося з застосуванням магнітного методу, а саме з використанням поліградієнтної сепарації.

При використанні схеми з доподрібнення крупної частини хвостів до 94% класу - 0,071 мм та застосуванням поліградієнтної сепарації вихідних хвостів дає можливість отримати будівельний пісок з вмістом заліза 2,1% і 2,2% при виході 15,38 % та 10,66% відповідно. Також отримуємо пісок з вмістом заліза 3,2 % при виході 37,02%. Попутно отримуємо концентрат з вмістом заліза 58,5% при виході 16,92%.

Виходячи з проведених досліджень, хвости ПАТ «ПівдГЗК» можливо розглядати як сировину, яку можливо використовувати у будівельній промисловості, в якості будівельного піску. Що призведе до зменшення об'ємів хвостосховищ, зменшить негативний вплив на навколишнє середовище.

Література:

І.О.А. Медведєва // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. — Днепропетровск: ИГТМ НАНУ, 2012. — Вып. 103. — С. 279-285

Секція 5. Інформаційні технології і автоматизація технологічних процесів

Д.А.Перемена, Н.І. Руденко, канд.екон.наук

(Україна, Криворізький технічний коледж Національної металургійної академії України)

МЕХАНІЗАЦІЯ І АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ В МАШИНОБУДУВАННІ

Одним з найбільш ефективних шляхів, які забезпечують швидкі темпи росту продуктивності праці є механізація і автоматизація виробництва. Механізація виробництва – це заміна ручних засобів праці (інструментів) машинами та механізмами.

Механізація значно підвищує продуктивність праці, звільняє людину від виконання важких і трудомістких операцій, дозволяє більш економно використовувати сировину, матеріали, енергію, сприяє зниженню собівартості продукції, підвищенню її якості.

Оскільки машини і механізми періодично замінюються більш досконалішими, покращується технологія та організація виробництва, підвищуються і вимоги до кваліфікації працюючих.

Механізація і автоматизація – один з головних напрямків науковотехнічного прогресу. Вона буває частковою і комплексною. Це залежить від ступеня оснащення виробництва технічними засобами.

При частковій механізації механізуються окремі виробничі операції. Але у цьому випадку зберігається значна частка ручної праці.

Більш досконалою є комплексна механізація. Тут ручна праця замінюється машинною на всіх пов'язаних між собою операціях і може зберігатися лише на

окремих нескладних операціях, механізація яких суттєво не полегшує працю. На механізованому виробництві робітники-оператори лише керують процесом, контролюють роботу машин та механізмів.

Наступний етап розвитку – це автоматизація виробництва. При автоматизації функції управління та контролю за процесом виробництва, які раніше виконували робітники-оператори, передаються приладам та автоматичним пристроям.

До недавнього часу основним напрямком автоматизації в машинобудуванні була автоматизація технологічних процесів механічної обробки: створення токарних, шліфувальних, фрезерних автоматів і напівавтоматів, агрегатних верстатів і автоматичних ліній з агрегатних верстатів, що дозволяє створювати автоматизовані дільниці та цехи, а також значно скоротити кількість виробничих робітників, безпосередньо зайнятих обслуговуванням верстатів.

В останні роки широко розгорнуті роботи щодо автоматизації процесів контролю та складання. Автоматизація цих процесів дозволяє в першу чергу підвищити якість виробів, які виготовляються, а також усунути ситуацію, коли на складанні та контролі виробів зайнято більше робітників, ніж при їх виготовленні.

Великі перспективи має впровадження автоматизації в заготівельних цехах: ливарному, ковальському і т.д. Автоматизація все ширше охоплює і допоміжні цехи (інструментальні, ремонтні і т.д.), продукція яких є індивідуальною і серійною навіть при масовому типі виробництва. Розвиток гідрокопіювальних верстатів і верстатів з програмним керуванням, електроіскрової обробки дозволив вирішити проблему автоматизованого б1 виготовлення складних виробів.

Верстати з ЧПК ефективні і в умовах серійного виробництва. Високоєфективними є роботи з механізації завантажувально-розвантажувальних і транспортних операцій. Автоматичне регулювання підтримує постійність режиму роботи машин та приладів (стабілізує їх роботу) або змінює цей режим за наперед заданим алгоритмом регулювання. При автоматизації виробництва функції контролю також передаються автоматичним пристроям.

Автомати контролюють положення деталей, їх розміри, стан інструменту, параметри обробки тощо. Дуже важливою є задача автоматизації управління підприємством і перш за все збору і обробки поточної інформації про стан усіх ланок виробничого процесу, систем обліку і оперативного планування. В основі автоматизації виробництва лежить системний підхід до побудови та використання комплексу засобів автоматичного управління, регулювання та контролю.

В автоматизації широко використовуються найновіші досягнення в сфері науки і техніки, що дозволяє повністю розкрити можливості технологічного обладнання. Таким чином, механізацію і автоматизацію впроваджують у виробничі процеси тоді, коли необхідна заміна важкої і монотонної фізичної праці, коли мають місце шкідливі умови праці і коли забезпечується економічний ефект за рахунок підвищення продуктивності праці і обладнання, підвищення якості, зниження затрат на утримання споруд та скорочення виробничих площ.

Промисловий робот (ПР) – це автоматична машина, стаціонарна або мобільна, яка складається з виконавчого механізму у вигляді маніпулятора, що

має декілька ступенів рухомості, і пристрою програмного керування для виконання рухомих та керуючих функцій у виробничому процесі.

У масовому й крупносерійному виробництві зі швидкою зміною об'єкта виробництва перспективним є застосування роботів для обслуговування агрегатних верстатів і переналагоджуваних автоматичних ліній на операціях завантаження-розвантаження верстатів, на початкових і кінцевих позиціях ліній, для міжверстатного транспортування. Застосування промислових роботів дозволяє здійснити комплектацію і введення в експлуатацію таких ліній у більш короткий термін, підвищить оборотність устаткування.

Як свідчить закордонний досвід, роботи можуть, зокрема, ефективно застосовуватися також для заміни спеціального допоміжного устаткування на окремих операціях автоматичних ліній у період модернізації або його заміни. В цьому випадку необхідність зупиняти лінію на тривалий час відпадає, а витрати на програмування й переозброєння робота виявляються значно нижчими, ніж втрати внаслідок простою лінії протягом усього періоду модернізації або заміни спеціалізованого допоміжного устаткування на конкретній операції.

В серійному і дрібносерійному виробництві найбільш перспективним є застосування роботів у поєднанні з верстатами з ЧПК. Це дозволяє автоматизувати виготовлення невеликих партій деталей.

У будь-якій сфері застосування промисловий робот повинен розглядатися як елемент виробничого комплексу, що включає в себе основне технологічне устаткування, допоміжне устаткування і пристрої, що розширюють експлуатаційні можливості робота, контрольно-вимірювальні пристосування, і ряд інших пристроїв, об'єднані загальною системою керування.

В складі основного технологічного обладнання ПР забезпечують автоматизацію операцій взяття заготовок з нагромаджувальних та орієнтуючих пристроїв, транспортування і вкладання їх в тару або на проміжні пристрої для виконання наступних операцій. Використання ПР дозволяє також здійснити переналагодження технологічного обладнання. Для реалізації вказаних функцій використовуються самі різноманітні типи ПР, які відрізняються за виконанням, рухомістю і керуванням в залежності від конкретних умов експлуатації і складності технологічної операції.

Впровадження промислових роботів в сучасному машинобудівному виробництві дозволяє здійснити повну комплексну автоматизацію, підвищити ефективність використання трудових ресурсів, забезпечити послідовне скорочення застосування та навіть виключення ручного, важкого і некваліфікованої праці.

Література:

1. Системи автоматичного проектування САПР [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.URL:http://joiner.org.ua/2rozrjad/2009-07-08-13-19-32/2009-07-24-08-10-10/2009-07-24-08-42-32.htm>.

2. Гладчук, О. Інноваційна економіка [Текст] / О. Гладчук // Науково-виробничий журнал. — 2013. — № 10(48). — С. 167-174.

3. Талюпа, Н. Сучасні підходи до удосконалення технології управління [Текст] / Н. Талюпа // Інвестиції: практика та досвід. — 2009. — № 8. — С. 49-50.

Боброва А.І., магістрант, Титюк В. К.

(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

МУЛЬТИФІЗИЧНЕ МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ШАХТНИХ ВОДОВІДЛИВНИХ УСТАНОВОК

Шахтні водовідливні установки утворюють складний електромеханічний комплекс, що складається з насосних агрегатів, гідротранспортної мережі, та електроприводу, та є одним з найпотужніших споживачів електроенергії шахти. Тому розробка мультифізичних моделей з метою поглибленого дослідження енергоспоживання шахтних водовідливних установок є актуальною задачею.

The work is devoted to the actual issue of creation of multiphysic model of mine drainage. For the multiphysics modeling of the mine drainage Matlab has been selected. The mathematical model of the electromechanical system of the pumping station of the horizon 475 m. Artem-1 taking into account the real geometry of the hydrotransport system was created. The adequacy of the developed model is substantiated.

Метою роботи є розробка мультифізичної моделі шахтного водовідливу, які враховують особливості протікання процесів у різних фізичних доменах і можуть підвищити точність визначення енергоспоживання водовідливних установок.

Водовідливні установки являють собою складну електрогідрравлічну систему, що включає насосні установки з різними схемами з'єднання насосних агрегатів, розгалужену гідротранспортну мережу, що характеризується наявністю протитиску, і гідрравлічного опору, величина якого залежить від довжини, діаметру, матеріалу стінок трубопроводу та використаної запірної арматури. Найпоширенішим типом електроприводу водовідливних установок в умовах залізрудних шахт є короткозамкнений асинхронний двигун.

Енергоспоживання водовідливних установок тісно пов'язане з режимами роботи насосних агрегатів та гідротранспортної мережі. Найбільш відповідальною проблемою тут є визначення характеристик хвильових процесів в гідротранспортній мережі. Хвильові процеси, що протікають в комунікаційній мережі турбомеханізму, утворюють істотний вплив на момент опору електроприводу та його енергоспоживання.

Як відомо, [1], рух рідини або газу в найбільш загальному випадку описуються відомими рівняннями Нав'є-Стокса, розглянутими одночасно з рівнянням нерозривності. Ці рівняння досить складні, а їх інтегрування можливе лише в деяких окремих випадках.

Якщо розглядати рух реальної рідини або газу з дозвуковою швидкістю в довгому трубопроводі, то, застосувавши можливі допущення, рівняння Нав'є-Стокса спрощуються і приймають вигляд, [2]:

$$\begin{cases} \frac{\partial H}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial t} \rho \cdot V + \rho \cdot \frac{\lambda \cdot V^2}{8\delta} \\ \frac{\partial H}{\partial t} = c^2 \cdot \frac{\partial}{\partial x} \rho \cdot V \end{cases}, \quad (1)$$

де x – поточна координата відстані вздовж трубопроводу довжиною L , $0 \leq x \leq L$;

V – місцева швидкість потоку в поперечному перерізі трубопроводу, м/с,

$$V_{x,t} = \frac{Q_{x,t}}{S}, \quad (2)$$

c – швидкість звуку в середовищі, м/с; ρ – щільність середовища, кг/м³; λ – коефіцієнт опору, що визначає втрати напору в трубопроводі; δ – гідравлічний радіус перетину трубопроводу, $\delta = S/\chi$, м; S – площа поперечного перерізу трубопроводу з діаметром d , м²; χ – змочений (внутрішній) периметр трубопроводу, м; H – напір в трубопроводі, $P = \rho gh$, Па; Q – видаток рідини, м³/с; g – прискорення вільного падіння.

Другий доданок першого рівняння системи (1) має нелінійний характер, однак його лінеаризація цілком можлива для випадку роботи у малій околиці видатку через перетин трубопроводу.

Практичне використання цих рівнянь, запропоноване у (2), для моделювання гідротранспортної мережі водовідливної установки ускладнюється розгалуженим характером гідротранспортної мережі, наявністю місцевих опорів та запірної арматури та інше.

Трифазний асинхронний двигун (АД) є нелінійним багатовимірним об'єктом із досить складною внутрішньою структурою.

Система диференціальних рівнянь електричної рівноваги кіл статора і ротора АД у відповідних 3-фазних системах координат для миттєвих значень напруг, струмів і потокозчеплень, записана в матричній формі, має вигляд, (3):

$$\begin{cases} U_s = R_s I_s + \frac{d\Psi_s}{dt}, \\ U_r = R_r I_r + \frac{d\Psi_r}{dt}, \end{cases} \quad (3)$$

де U_s , U_r , I_s , I_r , Ψ_s , Ψ_r – вектори напруг, струмів і потокозчеплень фаз A , B , C статора і фаз a , b , c ротора АД, відповідно.

Зв'язок між АД та гідротранспортною мережею утворюється шляхом поєднання відповідних механічних портів АД та насосу.

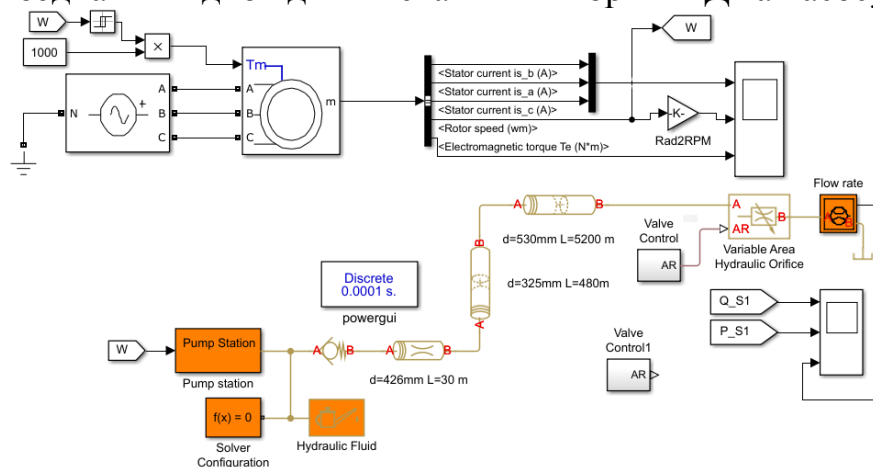


Рис. 1. Мультифізична модель електромеханічної системи водовідливної установки шахти №1 ім. Артема.

В даний час застосовуються різні інструменти для моделювання гідродинамічних процесів в магістральних трубопроводах, такі як Ansys, Flowmaster V7, Cassandra, Matlab/Hydraulics. Необхідність створення мультифізичної моделі водовідливних установок, яка б поєднувала можливість визначення параметрів енергоспоживання АД з урахуванням хвильових процесів у гідротранспортній мережі зумовила використання для подальших досліджень програми Matlab з використанням бібліотек SimPowerSystems для математичного моделювання електромеханічної частини водовідливних установок та бібліотеки SimHydraulics для моделювання насосного агрегату та гідротранспортної мережі.

У SimHydraulics використовується підхід фізичної мережі для побудови моделей: блоки відповідають фізичним елементам, таким як насоси, місцеві опори та елементи запорної арматури. Цей підхід дозволяє описувати фізичну структуру системи, а не математику, на якій заснована структура.

З моделі, яка відтворює реальну гідравлічну схему, SimHydraulics автоматично будує рівняння, які характеризують поведінку системи. Ці рівняння інтегруються з іншими частинами Simulink-моделі.

Було виконано дослідження водовідливних установок горизонту 475 м шахти №1 ім. Артема ПАТ Арселор Міттал, обладнаної відцентровими насосами ЦНС-300/400 та асинхронними двигунами ВАО -560 LA4 потужністю 800 кВт з частотою обертання 1490 об/хв. Модель трубопроводної системи водовідливної установки враховує схему прокладання трубопроводів у насосній камері, зворотний клапан вертикального напірного ставу довжиною 480 м \varnothing 325 мм та горизонтального поверхневого відтинку трубопроводу довжиною 5200 м \varnothing 530 мм. Розроблена мультифізична модель електромеханічної системи водовідливної установки зображена на рис.1.

Математична модель насосного агрегату, рис. 1 а, було створено на основі блоку Centrifugal Pump. На рис. 1, б наведено структурну схему моделі насосної станції, що складається з двох, паралельно включених насосів. При налаштуванні блоку Centrifugal Pump задаються такі важливі характеристики насосу як його напірна характеристика $H = f(Q)$, характеристика внутрішніх втрат тиску $\Delta H = f(Q)$ та енергетична характеристика $\eta = f(Q)$, які було отримано з паспортних даних насосу ЦНС-300/400.

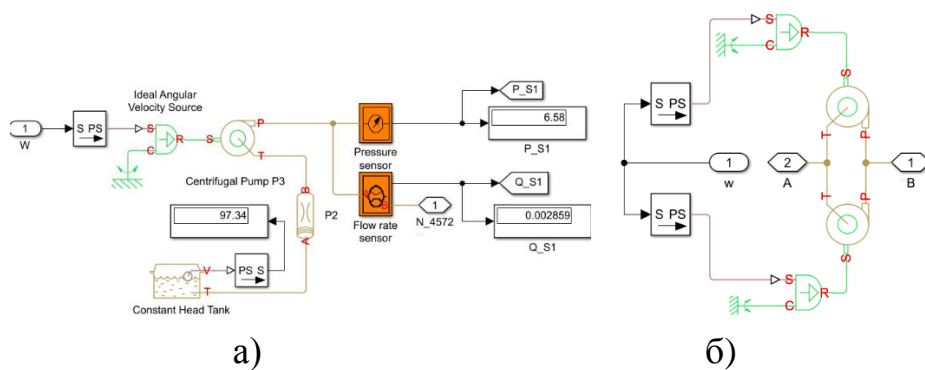


Рис. 2. Структурна схема математичної моделі насосної станції з двома паралельно включеними насосними агрегатами.

За допомогою створеної моделі було розраховані перехідні процеси вмикання водовідливної установки шахти ім. Артема при повністю відкритій засувці на вихідному кінці гідротранспортної системи. На рис.3 а наведено електромеханічні перехідні процеси приводного двигуна ВАО -560 LA4.

На рис.3, б наведено часові діаграми перехідних процесів тиску та витрату гідротранспортної системи у нульовому перетині трубопроводу та на його відкритому кінці.

Затримка на графіку витрату у нульовому перетині трубопроводної системи пояснюється роботою зворотного клапану.

Отримані результати співпадають з загальнотеоретичними уявленнями про перебіг процесів, а їх кількісні значення відповідають паспортним значенням обладнання, що підтверджує адекватність розробленої моделі.

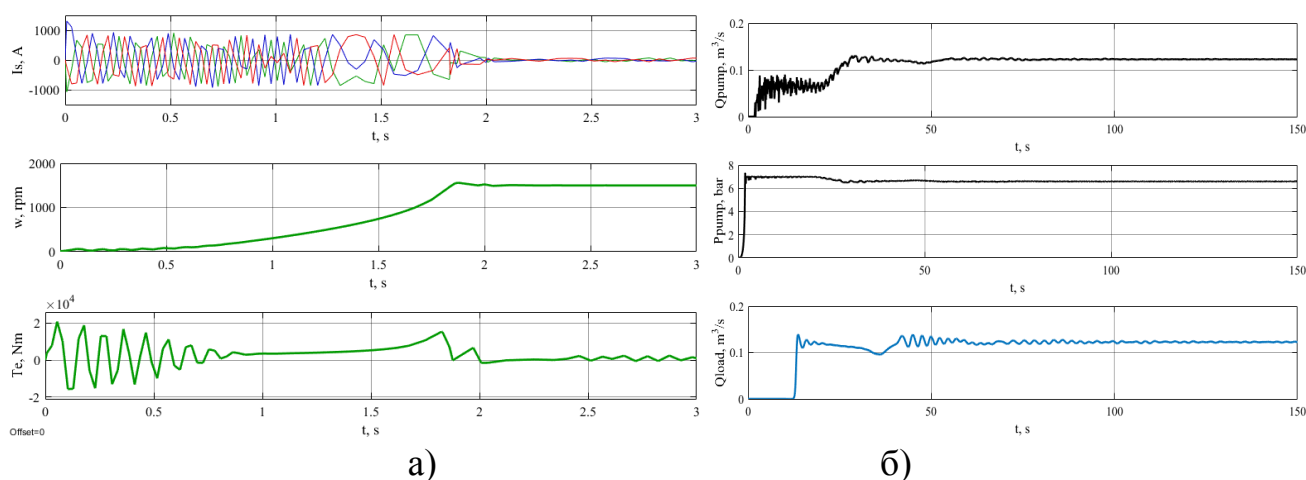


Рис. 3. Електромеханічні перехідні процеси у приводному двигуні а) та гідравлічні перехідні режими витрати та тиску насосної станції та витрати навантаження при вмиканні водовідливної установки шахти ім. Артема

Висновки. Розглянуто методи створення мультифізичних моделей електромеханічних систем, які мають у своєму складі гідротранспортні складові. З використанням Matlab/Simulink створено мультифізичну математичну модель шахтної водовідливної установки за реальною конфігурацією гідротранспортної мережі та параметрів електромеханічного обладнання. Обґрунтовано адекватність роботи отриманої моделі.

Література:

1.В.Й. Путята, М.М. Сідляр. Гідроаеромеханіка. Київ, видавництво Київського ун-ту, 1963, 476 с.

2.Аракелян А.К., Тытюк В.К. Коммуникационная сеть как динамический объект управления в системах автоматизированного управления. «Исследование систем автоматизированных электроприводов», межвузовский сборник научных трудов. Чебоксары, изд-во Чувашского ун-та, 1991, с.64-75.

3.Chorny, O. Tolochko, V. Tytyuk., D. Rodkin, G. Chekavskiy Mathematical models and specifics of numerical calculations of dynamic characteristics of electric drives with induction motors: monograph / – Kremenchuk: PE Shcherbatykh O.V. – 302 p. [in Ukrainian], 2016.

О.Ковальов, І.В.Завсєгдашня, канд.екон.наук, доц.
(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

РОЗРОБКА WEB-ПЛАТФОРМИ ПІДТРИМКИ КОНФЕРЕНЦІЙ

В роботі розглянуто важливу практичну задачу процесу ефективного розповсюдження інформації щодо результатів конференцій. В якості розв'язання визначеної проблеми запропоновано розробити спеціалізовану WEB-платформу для підтримки та інформаційного забезпечення проведення конференцій.

В работе рассмотрена важная практическая задача процесса эффективного распространения информации о результатах конференций. В качестве решения определенной проблемы предложено разработать специализированную WEB-платформу для поддержки и информационного обеспечения проведения конференций.

The paper considers an important practical problem of the effective dissemination of information about the results of conferences. As a solution of a particular problem, it was proposed to develop a specialized WEB-platform for support and information provision for conferences.

Постанова проблеми

На даний момент в українських вищих навчальних закладах проводиться багато конференцій різного рівня – міжвузівські, всеукраїнські, міжнародні. Нажаль, дуже часто відбувається ситуація, коли коло осіб що мають доступ до матеріалів, опублікованих під час проведення конференцій, є дуже вузьким – і обмежується тільки учасниками конференцій, які отримують друковані збірки тез. Не заважаючи на розвиток комунікаційних інформаційних технологій, на сьогоднішній день є дуже частими ситуації, коли зацікавлені особи – науковці, студенти не можуть отримати інформацію про наукові результати конференцій, тому що вся документація, котра була опублікована надається лише в друкованому форматі.

Цей фактор погіршує можливість ознайомлення всіх бажаючих з матеріалами конференцій, дискусійними питаннями, які обговорювались під час конференцій та, як наслідок, знижує рівень розповсюдження результатів наукової роботи студентів, вчених та інших людей приймати участь у конференціях.

До того ж, інформація, яка міститься тільки у друкованому форматі, не індексується пошуковими Інтернет-системами, що також є негативним чинником.

Крім того, дуже часто інформація про конференції та її результати (навіть в електронному вигляді) несистематизована, її дуже складно відшукати.

Тобто основними проблемами організації конференцій є:

- 1) обмежений доступ до матеріалів конференцій;
- 2) відсутність загальної бази щодо конференцій, які організовуються вищими навчальними закладами.

Виклад основного матеріалу

Рішенням цих проблем виступає розробка web-платформи підтримки конференцій.

Мета розробки такої платформи полягає у створенні умов до зведення інформації про конференції, систематизації матеріалів конференцій, забезпечення вільного доступу до результатів наукової роботи, також створення умов до індексування тез доповідей пошуковими Інтернет-системами.

Функціонал запропонованої web-платформи підтримки конференцій наступний:

- 1) інформація про конференції – містить дані про дату та час проведення, мету, зміст конференції та інше;
- 2) реєстрація учасників – реєстрація учасників, які бажають відвідати конференцію;
- 3) публікація документів – публікація документів зареєстрованими учасниками;
- 4) контактна інформація – телефони, e-mail адреса, розташування університету;
- 5) архів матеріалів - доступ до архіву матеріалів конференцій в будь-який час в будь-якому місці;
- 6) реєстрація організаторів – особи, що займаються проведенням конференцій;
- 7) особистий кабінет - кабінет користувача з переліком всіх завантажених документів та участю в конференціях.

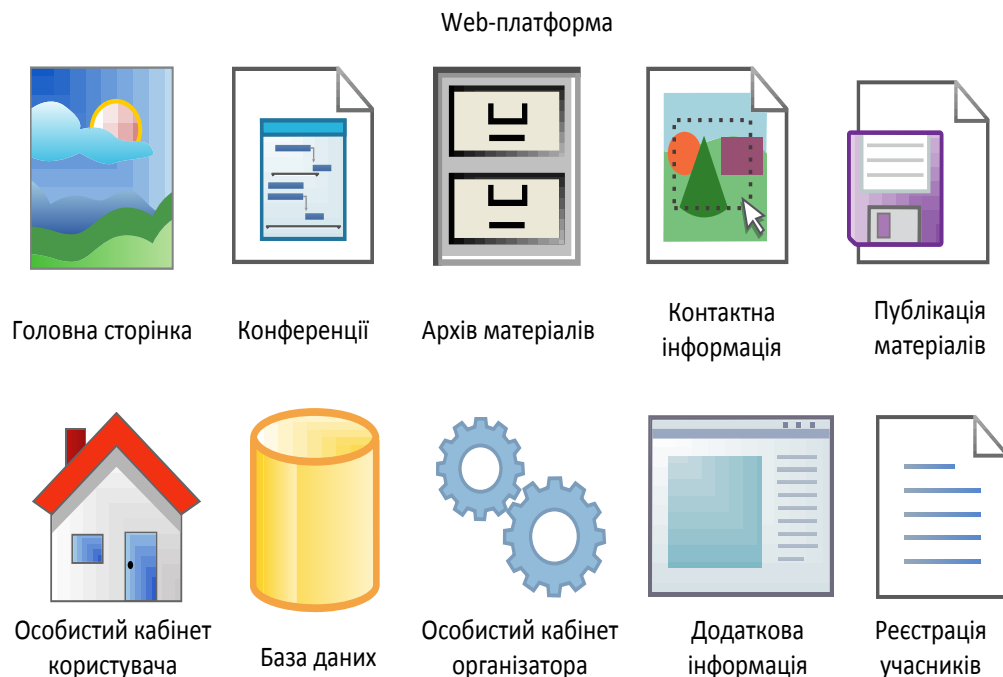


Рис.1 Загальна схема WEB-платформи щодо організації конференцій

Запропонована платформа надасть змогу постійного моніторингу інформації щодо конференцій, безперебійного доступу до них в будь-яких час та в будь-якому місці та можливість вести чітку статистику проведення конференцій.

Висновки

Дана платформа є дуже перспективною з точки зору масштабування:

- її можна використовувати в рамках одного ВНЗ;

- її можна використовувати для систематизації інформації галузевих конференцій;
- її можна використовувати на національному рівні як інформаційний ресурс для збору та розповсюдження інформації про конференції.

Література:

1. Конференція - це засіб спілкування між людьми. Джерело:

<https://faqkr.ru/samovdoskonalennja/148835-konferencija-ce-zasib-spilkuvannja-mizh-ljudmi.html>

2. Методика проведення тематичної конференції. Джерело: [https://helpiks.org/2-](https://helpiks.org/2-46544.html)

[46544.html](https://helpiks.org/2-46544.html)

УДК 004.896: 621.865

М.С.Жданович, Н.П. Мельниченко, канд. техн. наук, доц.

(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

ВИКОРИСТАННЯ АНТРОПОМОРФНИХ РОБОТІВ НА НЕБЕЗПЕЧНИХ ВИРОБНИЦТВАХ КРИВБАСУ

Основною причиною, що змушує людину розбудовувати нові сфери науки й техніки, є властиве йому прагнення поліпшити своє життя й можливості у взаємодії із зовнішнім середовищем. Характер такої взаємодії досить різноманітний і може бути не тільки важким, але й фізично непосильним. Тому з незапам'ятних часів люди мріяли винайти різні інструменти, механізми, машини з метою полегшення своєї праці, підвищення якості й продуктивності.

Із сучасних робіт великий інтерес представляє робота фахівців Мюнхенського технічного університету - антропоморфний крокуючий робот "Johnnie". Кінематика і габарити цього робота подібні до людських. Він має 17 керованих ступенів рухливості, оснащених електричними сервоприводами. На стопах встановлені шестикомпонентні силомоментні датчики, є безплатформена система орієнтації робота і система технічного зору. Робот здатний рухатися з високою швидкістю в режимі динамічної їзди по рівній горизонтальній і похилій поверхні, а також по сходах. Система технічного зору дозволяє виявляти і долати перешкоди (обходити і переступати).

Розглянемо конкретні завдання, які роботи вирішують нині на промислових підприємствах. Їх можна розділити на три основні категорії:

- розвантажувально-завантажувальні і транспортні операції;
- обробка за допомогою різних інструментів;
- збірка.

При розвантажувально-завантажувальних і транспортних операціях робот замінює пару людських рук. В його обов'язки не входять особливо складні процедури. Він всього лише багаторазово повторює одну й ту ж саму операцію відповідно до закладеної в ньому (роботі) програмою.

Розглянемо типові застосування таких роботів.

1. Завантажувально-розвантажувальні роботи. У багатьох галузях машинобудівної промисловості використовуються установки для лиття, різання і кування. У більшості випадків послідовність виконуваних ними операцій досить

проста. Спочатку заготовки завантажують в виробничу установку, яка потім опрацьовує суворо належним чином, і, нарешті, готові деталі беруть із неї. Завантаження та розвантаження, як правило, виконують роботи розраховані на операції тільки одного виду.

Роботи можуть тут виявитися корисними, якщо характер таких завантажувально-розвантажувальних операцій час від часу змінюється.

Наприклад, в ливарному виробництві роботи використовують як для дозованої розливання розплавленого алюмінію, так і для вилучення з прес-форми затверділих виливків і охолоджених. Такий підхід має дві переваги. Перш за все роботи гарантують більш суворе дотримання вимог технологічного процесу: вони завжди вводять в установку точно дозовану кількість металу. Друга перевага даного підходу полягає в тому, що значно полегшується робота оператора.

а). Перенесення виробів з одного виробничої установки на іншу. У багатьох галузях машинобудівної промисловості вантажно-розвантажувальні механізми призначені для переміщення виробів з одного виробничого ділянки на іншу. І при виконання таких переміщень роботи грають важливу роль.

б). Навантаження важких предметів на конвеєра або стрічки.

Крім упаковки мініатюрних виробів, а також промислових і побутових товарів роботи іноді виконують і навантаження важких предметів. По суті вони тут замінюють підйомно-транспортні машини, керовані оператором-людиною.

Обробка деталей і заготовок.

Хоча роботи, що виконують обробку виробів за допомогою різних інструментів і знайшли поки менш широке застосування, ніж аналогічне обладнання для транспортування деталей і заготовок, вони продемонстрували свою ефективність при вирішенні багатьох завдань.

1. Зварювання.

Ця операція найчастіше виконується за допомогою роботів, призначених для маніпулювання інструментом. роботи можуть здійснювати два виду зварювання: точкову контактну та дугову. В обох випадках робот утримує зварювальний пістолет, який пропускає струм через дві зварювані металеві деталі.

2.1. Свердління.

Як правило операцію свердління здійснюють на верстаті. При використанні робота в його захватному пристрої закріплюється робочий інструмент, який переміщається над поверхнею оброблюваної деталі, висвердлюючи отвори в потрібних місцях. Перевага подібної процедури проявляється в тих випадках, коли доводиться працювати з великогабаритними і масивними деталями або проробляти велике число отворів.

3.Збірка.

Великий обсяг робіт на сучасних підприємств припадає на складальні операції, проте багато з них вимагають особливо майстерності і занадто складні для машини. У зв'язку з цим значна частина збірки досі виконується вручну. Проте ряд складальних процесів вже автоматизовано; це відноситься головним чином до відносно простим і багаторазово повторюється операціях.

Ще одна галузь виробництва, де роботи-збирачі могли б знайти широке застосування, - монтаж електронних компонентів на друкованих платах. Деякі з таких операцій можуть виконувати спеціалізовані складальні комплекси. Висновок: Застосування роботів в різних областях має велике значення і перспективу розвитку.

Література:

1. Волосатов В.А. «Элементы пневмопривода» / Волосатов В.А.- М.: Транспорт, 1975.- 365 с.
2. <http://vlasti.net/news/66528>

М.С.Жданович, Н.П. Мельниченко, канд. техн. наук, доц.
(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ГОРІННЯ ПАЛИВА В КОТЛАХ

Розглянуто фактори, які впливають на якість димових газів, визначено що для забезпечення оптимальних виробничо-економічних, технологічних і технічних параметрів роботи котла необхідно синтезувати систему керування котлоагрегатом для покращення якості димових газів.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Зростання промислового виробництва й прискорене введення в дію електрогенеруючих потужностей, яке планується в найближчі роки, потребує скоротити обсяги викидів від уже встановленого встаткування. Особливо актуальною ця проблема стане, якщо почне відбуватися заміна природного газу твердим паливом і мазутом.

Слід зазначити, що при впровадженні даних технологій може спостерігатися не тільки зниження ККД котельної установки, але й складності з регулюванням технологічних процесів. Останнє часто обумовлене не тільки ускладненням схеми регулювання, але й поганим станом контрольно-вимірювальних приладів, установлених на котлі.

Аналіз досліджень та публікацій. Теоретичні дослідження режимів горіння, які забезпечують покращення якості димових газів та аналіз вискоєфективного способу зниження теплового й хімічного забруднення атмосфери газифікованими котельними показали, що існують прості методи досягнення поставленої мети це:

- спрощене двоступінчасте спалювання;
- спрощена схема рециркуляції;
- вприск вологи;
- нестехіометричне спалювання;
- зниження надлишка повітря.

Одним з найбільше легко реалізованих режимних заходів є зниження надлишку повітря в топці. У результаті зменшення змісту кисню в зоні горіння відбувається заглушення утворення як термічних, так і паливних NO_x . Тому даний захід може бути застосовано при спалюванні будь-яких видів органічного палива. Воно дозволяє не тільки знизити викиди NO_x , але й трохи підвищити ККД котла

за рахунок зниження втрат теплоти з газами, що йдуть, й витрат енергії на власні потреби.

Ефективним є метод зниження викидів оксидів азоту - контрольований хімічний недопал. Отже, режими з помірним недопалом є найбільш виправданими як з погляду екологічної безпеки, так і з погляду ефективного спалювання природного газу.

Постановка завдання. Автоматизація котельних агрегатів передбачає обладнання кожного котла засобами автоматичного контролю та виміру його параметрів, автоматичного захисту при виникненні аварійних ситуацій та забезпечення автоматизованого управління окремим агрегатом. Автоматизована система керування процесами, які відбуваються в котельних установках, повинна наряду з ефективним використанням енергоресурсів як найменше забруднювати атмосферу.

Викладення матеріалу та результати. Система автоматичного регулювання складається з декількох підсистем, що представляють собою комплекс датчиків, вимірювальних приладів, обчислювального пристрою і виконавчих механізмів, покликаних підтримати який-небудь із параметрів у заданих межах:

Слід зазначити, що робота на знижених надлишках повітря з помірним контрольованим недопалом пред'являє більш високі вимоги до стану котельного агрегату, роботі контрольно-вимірювальних приладів.

Це в першу чергу відноситься до присосів холодного повітря в топкову камеру й газоходи котла, які перевищують нормовані значення, і рівномірності роздачі палива й повітря по пальниковому обладнанню.

Тому перед впровадженням режимів спалювання палива з контрольованим помірним недопалом слід провести ущільнення топки, перевірку штатних приладів і усунення перекосів у топливоповітряних трактах.

Створення необхідного тиску пари в котлі і його підтримка на заданому рівні забезпечуються створенням відповідних температурних режимів. Вони досягаються спалюванням деякої кількості палива. Для горіння використовується кисень, що перебуває в атмосфері. Повітря в топці подається в певному співвідношенні з газом за допомогою дуттєвого вентилятора. Співвідношення газ-повітря становить приблизно 1:10.

Тому регулювання подачі повітря для спалювання палива необхідно як фізично, так і економічно. Система призначена для автоматичного контролю технологічних параметрів та якості димових газів і оперативного керування технологічним устаткуванням залежно від значень параметрів процесу виробництва теплової енергії в котлах у всіх режимах функціонування.

Для запобігання забруднення атмосфери при неприпустимій якості димових газів система повинна здійснювати:

- перевірку подачі повітря на горіння;
- регулювання співвідношення паливо – повітря;
- регулювання розрядження в топці.

Підтримка тиску пари може здійснюватися регулюванням подачі палива на спалювання з використанням у якості виконавчих пристроїв клапанів, що обмежують подачу палива в пальник.

Для підтримки рівня води в котлі в якості виконавчих пристроїв також можуть використовуватися клапани, які будуть перекривати подачу води в котел при наповненні котла до оцінки максимального рівня й відповідно дозволяти подачу води при зниженні рівня.

Регулювання подачі повітря й підтримка розрядження в топці можуть здійснюватися зміною частоти обертання відповідних вентиляторів.

Так як регулювання розрядження у топці парового котла виконується за допомогою зміни швидкості обертання димососів, необхідно розглянути тягодуттєві механізми котельної установки. Керування тягодуттєвими механізмами котельної установки здійснюють дві незалежні системи - система керування вентилятором і система керування димососом. Кожна із цих систем автономна й може працювати незалежно від іншої.

Основним призначенням системи керування тягодуттєвими механізмами є керування швидкістю приводних електродвигунів так, щоб у топці котла підтримувався оптимальний режим горіння, тобто були створені найбільш сприятливі умови для повного згоряння палива у всьому діапазоні продуктивності котельної установки. Для цього необхідно залежно від кількості палива, подати необхідну кількість повітря в топку котла, а також із заданою інтенсивністю видаляти з неї продукти згоряння.

Висновки та напрямок подальших досліджень.

На основі наведеного дослідження можна зробити такі висновки. Отже, режими з контрольованим помірним недопалом є найбільш виправданими як з погляду екологічної чистоти, так і з погляду ефективного спалювання палива. Режими з контрольованим помірним недопалом є малозатратними й швидко впроваджуваними, оскільки можуть бути легко реалізовані на котлі в результаті налагоджувальних випробувань.

Впровадження режимів з контрольованим недопалом доцільно при модернізації АСУ ТП котла. Для цих цілей слід передбачити установку на котлі вимірювальних систем для контролю змісту O_2 , C і NO у продуктах згоряння.

Метою створення системи є забезпечення оптимальних виробничо-економічних, технологічних і технічних параметрів роботи котла для покращення якості димових газів. Автоматизована система керування процесами, які відбуваються в котельних установках, повинна наряду з ефективним використанням енергоресурсів якнайменше забруднювати атмосферу.

Література:

1. Баранов П. А. Эксплуатация и ремонт паровых и водогрейных котлов. – М.: Энергоатомиздат, 1990.
2. Данилин Е. А., Клочков В. Н. Контроль сжигания топлива в промышленных котельных установках. -К.: Техника, 1988.-167 с.
3. Кузьменко Д. Я. Автоматическое регулирование и технологические защиты паровых котлов. Учебное пособие для техникумов. М., "Энергия", 1970.
4. Эстеркин Р. И. Промышленные парогенерирующие установки. – Л.: Энергия, 1993.

Котов І.А., к.т.н., доцент

(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

ПРОБЛЕМА ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЇ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ УПРАВЛІННЯ СИСТЕМАМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Робота присвячена аналізу актуальної проблеми інтелектуалізації систем енергопостачання і їх засобів їх автоматизації. Обґрунтовано актуальність досліджень в області побудови SmartGrid-систем. Сформульовано основні вимоги до сучасних систем енергопостачання. Зроблено висновок про те, що концепція інтелектуалізації енергосистем і управління ними є стійким трендом розвитку великих систем енергетики і їх АСДУ. Обґрунтовано, що рішення проблеми лежить на шляху впровадження інтелектуальних СППР, як складової частини АСДУ енергосистем.

У роботі розглянута проблема інтелектуальної підтримки процесу автоматизації управління системами електропостачання. Як показав аналіз, позаштатні та аварійні ситуації на великих промислових об'єктах електропостачання призводять до великих матеріальних збитків і людських втрат. Разом з вдосконаленням технічних засобів АСУ ТП одночасно зростає і складність промислових комплексів. Величини збитків від аварійних ситуацій не зменшуються і навіть ростуть. Тому дослідження в області розробки і впровадження інтелектуальних систем підтримки рішень є актуальними і представляють науково-практичний інтерес.

Сучасний рівень розвитку енергосистем і економічних умов їх функціонування висувають нові підвищені вимоги до рівня управління ними. До основних аспектів таких вимог слід віднести: оперативний вибір складу генеруючих джерел; інтеграцію в енергосистемі різномірних джерел електроенергії; автоматичне усунення наслідків аварійних станів ЕЕС; стійкість до впливу загроз безпеки та інші.

Вирішення зазначених завдань забезпечується загальносвітовою тенденцією – поступовим перетворенням електроенергетичних систем в інтелектуальні енергосистеми (ІЕС) – різновид систем SmartGrid [1, 2]. Головною відмінною рисою ІЕС є здатність самостійного прийняття рішень, самодіагностика і самовідновлення. Характерними прикладами сервісів ІЕС є векторні вимірювання електричних параметрів ЕЕС (WAMS), цифрові пристрої релейного захисту та автоматики, інтелектуальні засоби вимірів у споживачів (AMI), інтегрований сервіс на стороні споживача (DSI). Ілюстрація переходу від традиційних ЕЕС до ІЕС показана на рис. 1 [3].

Аналіз останніх досліджень та публікацій показав, що особливий інтерес представляє інтелектуальна підтримка процесу автоматизації протиаварійного керування в енергосистемах. Тому розглянуто концепцію інтелектуалізації протиаварійного керування в середовищі ІЕС. Інтелектуальний підхід для запобігання системних аварій має три основні складові – моніторинг (monitoring),

оцінка режимної надійності (security assessment) і управління безпекою (security enhancement, security control).

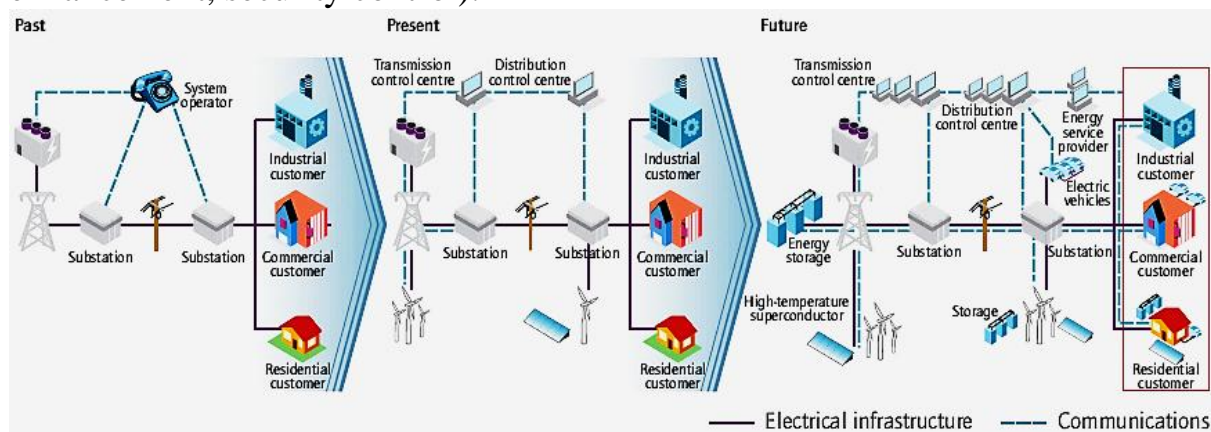


Рис. 1 Процес розвитку архітектури ЕЕС в архітектуру ІЕС

Виконання цих завдань є обов'язковим при управлінні режимами ЕЕС [4]. Для виявлення передаварійних станів здійснюється інтелектуальний моніторинг (intelligent monitoring) і оцінка режимної надійності (security assessment), які ґрунтуються на зборі даних і класифікації станів ЕЕС. Збір даних здійснюється за допомогою SCADA, яка визначає набір порушених параметрів. Інтелектуальний моніторинг і аналіз є можливим вирішенням проблеми, так як більшість передаварійних станів, що призводять до системних аварій, є унікальними, і немає єдиного «алгоритму» для виявлення таких станів.

Можна констатувати, що проблема інтелектуалізації енергосистем і, як наслідок, інтелектуалізації управління ними є стійким трендом розвитку великих систем енергетики і їх АСДУ. В основі концепції лежить термін «інтелектуалізація», який має на увазі прийняття рішень елементами апаратури або ЛПР на основі використання заздалегідь накопичених і організованих знань (професійного досвіду).

Концепція інтелектуалізації енергосистем викладена досить системно і аргументовано в [5], де даються її основні положення і шляхи практичної реалізації. Основним аргументом на користь неодмінного розвитку інтелектуалізації ЕЕС і також систем ПАУ є той факт, що «потенційні економічні та соціальні збитки внаслідок прояву загроз і можливих відмов технічних елементів енергосистем усього енергетичного ланцюга в даний час виявляються порівнянні з збитками, викликаними природними катастрофами (ураганами, повеннями і т.п.), або навіть перевищують їх».

Метою роботи є дослідження проблеми впровадження засобів інтелектуалізації в автоматизовані системи управління енергетикою і формулювання завдань створення інтелектуальних засобів підтримки прийняття оперативних рішень управління.

Завдання створення інтелектуальних енергосистем (SmartGrid) повинне розглядатися в комплексі завдань перетворення електроенергетики в цілому, а не окремих її функціональних або технологічних сегментів. В ІЕС повинні бути реалізовані наступні функціональні характеристики [5, 6]:

- здатність самовідновлення системи при аварійних збуреннях;

- засоби мотивації активної поведінки кінцевого споживача: забезпечення можливості самостійної зміни споживачами обсягу і споживчих характеристик електроенергії;
- наявність засобів та функціональних можливостей для забезпечення стійкості і живучості енергосистеми, що знижують фізичну та інформаційну вразливість всіх складових її компонентів;
- забезпечення переходу від системно-орієнтованого підходу до клієнт-орієнтованого із забезпеченням надійності і якості електроенергії;
- оптимальна інтеграція електростанцій і систем акумулювання електроенергії різних типів і потужностей і перехід до створення «мікроенергосистем» (Microgrid) на стороні кінцевих користувачів;
- відкритий доступ на ринки електроенергії кінцевого споживача.

Змістом дослідження є наступне. Реалізація основних функцій ІЕС і інтелектуальних систем ПАУ спирається на комплекс цифрових пристроїв і інформаційних технологій елементів ІЕС. Одним з основних вузлів ІЕС є цифрова підстанція [6]. Цифрова підстанція (ЦПС) - це підстанція з високим рівнем автоматизації управління, в якій практично всі процеси інформаційного обміну між елементами ПС, обміну з зовнішніми системами, а також управління роботою ПС здійснюються в цифровому вигляді на основі протоколів МЕК. При цьому, і первинне обладнання ЦПС, і компоненти інформаційно-технологічних і керуючих систем функціонально і конструктивно орієнтовані на підтримку цифрового обміну даними.

Впровадження цифрових технологій і інтелектуалізація АСДУ ЕЕС безсумнівно мають значний позитивний ефект. Цей факт підтверджений багатьма вітчизняними та зарубіжними науково-практичними роботами, реалізація яких приносить відчутний економічний ефект. Однак, інтелектуалізація ЕЕС стикається зі значними труднощами модернізації конкретних енергооб'єктів. Додаткові ускладнення привносять соціально-економічні умови: недостатнє фінансування, низька кваліфікація персоналу, відстала нормативна і командна база, усталені традиції організації роботи.

Наприклад, в [7] зазначається, що «незважаючи на нові технічні можливості, наявні досвід і результати раніше виконаних досліджень і розробок такого роду систем, при модернізації і розвитку АСУ ТП ТЕС як і раніше немає належного представлення функцій, орієнтованих на посилення інтелектуальної складової діяльності оперативного персоналу...».

На основі аналізу можливостей інтелектуалізації енергооб'єктів які вже експлуатуються в [7] робиться висновок: «як таких нових компонентів, що інтегруються в АСУ ТП зазначених ЕО, доцільно використовувати системи підтримки прийняття рішень оперативного персоналу (СППРОП)».

Крім того, впровадження засобів інтелектуалізації в інфраструктуру енергосистем несе в собі додаткові технічні та економічні ризики [8]. Технічні ризики пов'язані з глибоким матеріальним переоснащенням (заміною) значної частини діючого обладнання, великим обсягом монтажних і пуско-налагоджувальних робіт. Економічні ризики пов'язані з великими початковими

вкладеннями в засоби інтелектуалізації та практично невідомим терміном окупності.

На основі проведеного аналізу множини дослідних і науково-практичних робіт можна зробити висновок, що побудова інтелектуальних ЕС і енергооб'єктів є досить перспективна, але в даний час є об'єктивні труднощі з реалізацією подібних проектів.

Висновки і перспективи подальших досліджень. В якості найбільш збалансованого і ефективного вирішення завдання автоматизації систем ПАУ в комплексі АСДУ ЕЕС можуть розглядатися інтелектуальні апаратно-програмні комплекси – порадики диспетчера. Їх відмітною особливістю є відносно низькі початкові вкладення, відсутність додаткових вимог до існуючої інформаційної інфраструктури при впровадженні, висока технічна і економічна ефективність. Порадики диспетчера є програмно-технічні комплекси підтримки рішень (СППР), реалізовані на технологіях штучного інтелекту [9].

Таким чином, на основі порівняльного аналізу існуючих науково-технічних рішень в області автоматизації систем ПАУ зроблено висновок про актуальність і необхідність подальшої розробки інтелектуальних СППР і їх впровадження як складової частини АСДУ енергосистем.

Література:

1. *The Smart Grid: An Introduction, the U.S. Department of Energy, 2008 – 48 с.*
2. *European Technology Platform Smart Grids – Strategic Deployment Document for Europe's Electricity Networks of the Future, 2010 – 69 с.*
3. *Technology roadmap - Smart Grid / International Energy Agency, 2011 – 52 с.*
4. Панасецкий Д.А. и др. Интеллектуальное противоаварийное управление режимами энергосистем // Д.А. Панасецкий, Н.В. Томин, В.Г. Курбацкий, Н.И. Воронай, Д.Н. Ефимов – XII Всероссийское совещание по проблемам управления, ВСПУ-2014 – М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН – 2014 – С. 4770 – 4782
5. Волкова И.О. и др. Концепция интеллектуальных энергосистем и возможности ее реализации в российской электроэнергетике / Волкова И.О., В.Р. О कोरोков, Р.В. О कोरोков, Б.Б. Кобец – Российская Академия наук. Институт народнохозяйственного прогнозирования. Открытый семинар «Экономические проблемы энергетического комплекса» – М.: ИИП РАН – 2011 – 64 с.
6. Бердников Р. Н., Моржин Ю. И., Шакарян Ю. Г. Основные положения концепции интеллектуальной электроэнергетической системы России с активно-адаптивной сетью // Энергия единой сети – №4 – 2012 – С. 4 – 11
7. Буткевич А.Ф., Лукьяненко Л.Н., Парус Е.В. Некоторые практические вопросы интеллектуализации компонентов АСУ ТП электроэнергетических объектов // Электротехнический рынок – М.: ООО «Маркетинговая машина» – №3/21 – 2008 – С. 48 – 49
8. Дронова Ю.В. Риски внедрения интеллектуальных сетей в электроэнергетические комплексы субъектов Российской Федерации // Экономика и управление: проблемы, решения. Проблемы управления – №6, т.2 – 2016 – С. 77 – 83
9. Куно М.Я. и др. Советчик диспетчера по ликвидации перегрузок в энергосистеме // Куно М.Я., Кондратьев А.Н., Чалисов Ю.И., Малышев А.В., Морозович Р.Б., Сулимов В.А. – Технические и программные средства систем автоматизации – №5(34) – 2012 – С. 34 – 37

І.А.Котов, к.т.н., доцент

(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

ФАЗИФІКАЦІЯ АТОМАРНИХ КОНЦЕПТІВ В ОНТОЛОГІЯХ РЕПРЕЗЕНТАЦІЇ СИСТЕМ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ ГІРНИЧО-МЕТАЛУРГІЙНОГО КОМПЛЕКСУ

Робота присвячена проблемі розробки ефективних форм представлення знань в системах підтримки рішень для управління системами енергопостачання підприємств гірничо-металургійного комплексу. Проведено аналіз різних форм представлення знань і розроблений єдиний уніфікований підхід до формалізації та подання професійних знань. Запропоновано підхід до врахування неповноти знань шляхом фазифікації атомарних лінгвістичних концептів бази знань. Використаний теоретико-множинний і формально-лінгвістичний підхід до формування моделей подання знань.

В основі будь-якої бази знань лежить тезаурус атомарних лінгвістичних концептів. Останні відображають практичну неповноту, приблизність суджень предметної області. Тому існує актуальна проблема врахування неповноти, приблизного характеру лінгвістичних концептів. Будь-які подання знань у більшості випадків реалізуються в лінгвістично вільних формах і конче пов'язані з необхідністю врахування суб'єктивізму джерел цих знань [1]. Розроблені моделі форм представлення знань і відповідних їм онтологій дозволяють синтезувати і використовувати бази знань у професійній галузі енергопостачання гірничо-металургійного комплексу. Однак, потрібна обов'язкова фазифікації атомарних лінгвістичних концептів у складі професійних онтологій предметної області.

Запропонована в роботі модель онтологій спирається на модель атомарних висловлювань, що утворюють концептуальний тезаурус. У зв'язку з цим, врахування невизначеності семантичних концептів є базовим завданням при формуванні моделей нечіткості всіх рівнів ієрархії онтологій.

Відповідно до отриманих математичних моделей тезаурус атомарних концептів є множиною ізольованих текстових висловлювань, що описують деяку професійну область. Пропонується розглядати дані концепти як лінгвістичні змінні, значеннями яких є терми нечітких значень з характеристиками їх недостовірності [2].

Були розглянуті відомі методики фазифікації концептів БЗ [3 - 5]. На їх основі розроблено моделі онтологій нечітких атомарних концептів.

Результат суб'єктивізму джерел (або умов отримання) знань проявляється у вигляді їх імовірнісного характеру, ненадійності, недостовірності, нечіткості. Тому для систем подання і використання знань є обов'язковим включення їх нечіткості в розроблені структурно-логічні моделі. При цьому, основною проблемою є врахування структури репрезентації знань для конкретної професійної області. У роботі розглянута проблема фазифікації базового онтологічного формалізму – атомарних лінгвістичних концептів.

Метою роботи є формування моделі фазифікації атомарних концептів онтології предметної області енергопостачання гірничо-металургійного комплексу. Відповідно до мети основні завдання роботи були сформульовані наступним чином:

- розробити основні концепції і формально-лінгвістичні моделі фазифікації подання онтологій в умовах невизначеності семантичних концептів;
- отримані формально-лінгвістичні моделі нечіткості концептів повинні відповідати структурам форм репрезентації знань;
- розробити принципи впровадження фазифікації при виконанні операцій на концептах БЗ;
- розробити моделі онтологій БЗ з урахуванням нечіткості подання семантики концептів.

У заданому контексті професійної області – $c_i, c_i \in C$ – для підмножини $S^{C_i} \subset S$ лінгвістичних змінних можна виділити підмножину концептів, що утворюють терм-підмножину нечітких значень – $S_T^{C_i} \subset S$ – для кожної лінгвістичної змінної з підмножини S^{C_i} . Тоді в термінах розробленої моделі знань лінгвістичну змінну пропонується представляти у наступному вигляді:

$$\forall S^{C_i} \exists S_T^{C_i} (S^{C_i} \subset S, S_T^{C_i} \subset S, S^{C_i} \cap S_T^{C_i} = \emptyset) : \langle s_k^{C_i}, S_T^{C_i}, X_k, G, M \rangle. \quad (1)$$

Елементи терм-підмножини $S_T^{C_i}$ можуть розглядатися як ідентифікатори підмножини значень, що характеризують предметну область задачі. Таким чином, підмножина термів $S_T^{C_i}$ може розглядатися в якості множини значень лінгвістичної змінної $s_k^{C_i}$ і, отже, утворює клас її значень або тип. В свою чергу $S_T^{C_i} \subset S$ – терм-підмножина нечітких значень лінгвістичної змінної $s_{Tk}^{C_i} \in S^{C_i} \subset S$ – $S_T^{C_i} = \{ s_{Tk}^{C_i} / j = 1, m_T \}$.

Відповідно до визначення нечіткої змінної стосовно моделі БЗ можна записати [6, 7]

$$s_{Tk}^{C_i} = \langle \alpha, X, \{ x / \mu_A(x) \} \rangle. \quad (2)$$

Якщо в якості імен нечітких змінних використовувати їх лексичні вираження, то

$$s_{Tk}^{C_i} = \langle s_{Tk}^{C_i}, X, \{ x / \mu_A(x) \} \rangle. \quad (3)$$

Прийнята в роботі схема фазифікації тезауруса атомарних висловлювань на основі формалізму лінгвістичної змінної і її нечітких значень – нечітких змінних – для врахування невизначеності (не достатньої достовірності) семантичних концептів приведена на рис. 1.

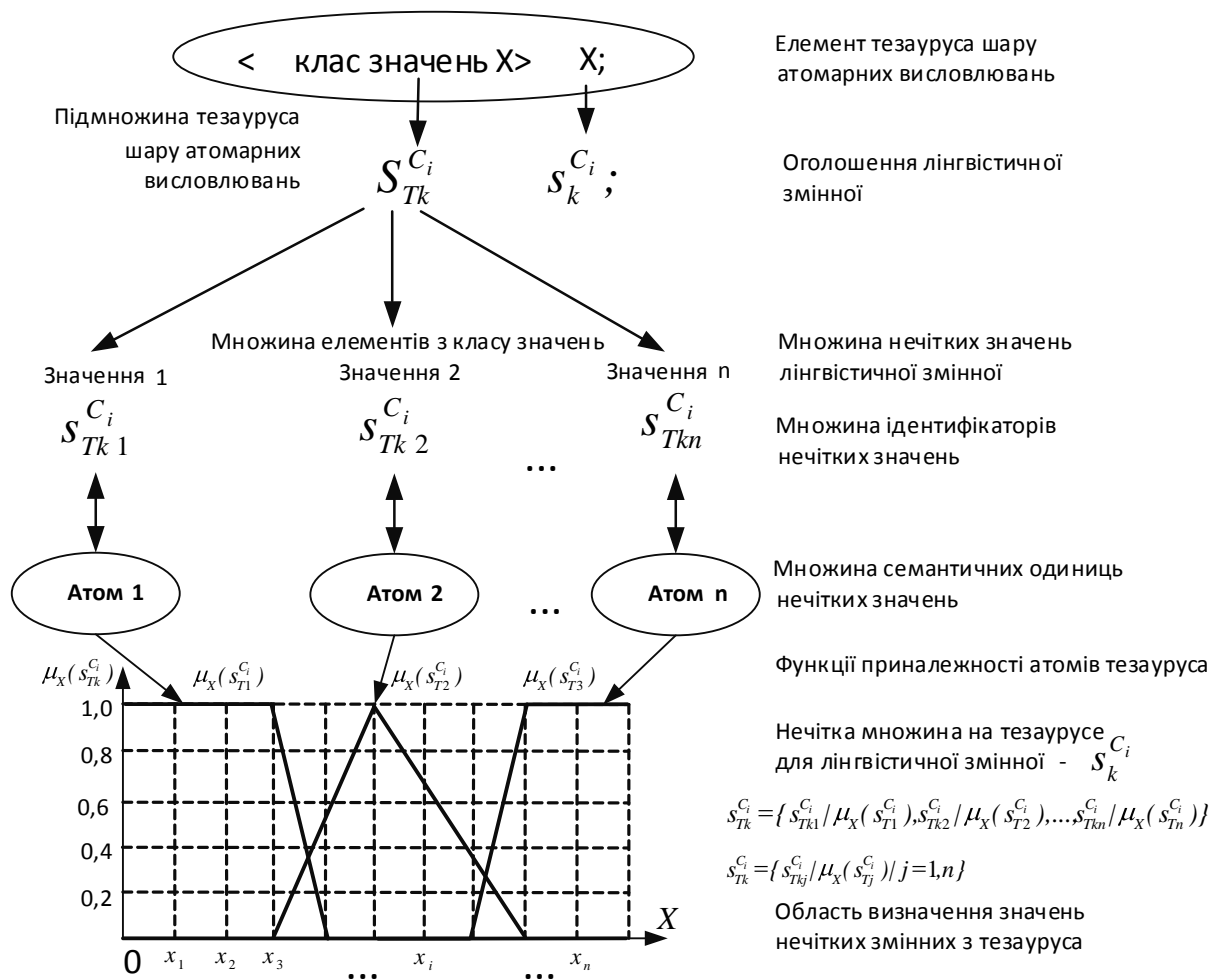


Рис. 1. Схеми фазифікації тезауруса атомарних концептів

Виходячи з прийнятої моделі подання нечіткості елементів множини тезауруса, як базового рівня еволюції онтологій БЗ, були розроблені математичні моделі нечіткості знань для всіх рівнів ієрархії БЗ.

У загальному випадку шар атомарних концептів є підмножиною нечітких змінних, які узагальнені лінгвістичними змінними [6, 7]:

$$s_{Tk}^{C_i} = \{ s_{Tk1}^{C_i} / \mu_X(s_{T1}^{C_i}), s_{Tk2}^{C_i} / \mu_X(s_{T2}^{C_i}), \dots, s_{Tkn}^{C_i} / \mu_X(s_{Tn}^{C_i}) \},$$

$$s_{Tk}^{C_i} = \{ (s_{Tkj}^{C_i} / \mu_X(s_{Tj}^{C_i})) / j=1, n \},$$

$$s_k^{C_i} = \langle O_{id}(s_k^{C_i}), S_T^{C_i}, X_k, G, M \rangle.$$
(4)

Так як між концептами тезауруса по визначенню відсутні відносини, то немає необхідності в врахуванні і моделюванні нечітких відносин. Робота з нечіткими атомарними концептами визначається операціями на нечітких множинах [8 – 10].

Дефазифікація, що застосовується до концептів $s_{Tk}^{C_i}$, повинна розглядатися по відношенню до кожного окремого атомарного висловлювання як нечіткої змінної.

На основі розробленої моделі фазифікації тезауруса атомарних концептів представимо форму професійної онтології:

$$O_{KBS} = \langle \bigcup_{j=1}^N \{ \{ (s_{T1j}^{C_i} | \mu_X(s_{T1j}^{C_i})) | j=1, n \} \cup \{ (s_{T2k}^{C_i} | \mu_X(s_{T2k}^{C_i})) | k=1, m \} \}, \emptyset, \tilde{F}^A : \tilde{S}_{T2}^{C_i} R \tilde{S}_{T1}^{C_i} \rangle.$$

Виходячи з прийнятих моделей нечіткості тезауруса атомарних концептів, можна узагальнити врахування нечіткості на всі шари ієрархії подання знань.

За результатами досліджень зроблено такі висновки:

- розроблено основні концепції і формально-лінгвістичні моделі фазифікації подання еволюції інкорпорації онтологій в умовах нечіткості семантичних концептів;
- всі отримані формально-лінгвістичні моделі нечіткості концептів відповідають структурам форм репрезентації знань;
- реалізовано принципи врахування фазифікації при виконанні операцій на концептах БЗ.

У якості напрямків подальших досліджень необхідно вказати розробку моделей нечітких онтологій для всіх рівнів подання знань на основі нечіткості подання семантики атомарних концептів. Впровадження нечітких оцінок в модель онтології дає можливість уніфікувати подання баз знань різних предметних областей. Планується також розробка математичних моделей взаємозв'язку семантичної інтерпретації концептів з конкретним професійним контекстом. Врахування суб'єктивності експертних знань дає можливість ефективно оперувати лінгвістичними одиницями тезауруса професійної галузі управління енергопостачанням складних промислових об'єктів гірничо-металургійного комплексу.

Література:

1. Асаи К., Ватада Д., Иваи С. Прикладные нечеткие системы: Пер. с япон./ К. Асаи, Д. Ватада, С. Иваи и др.; под редакцией Т. Тэрано, К. Асаи, М. Сугэно – М.: Мир – 1993 – 368 с.
2. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств: Пер. с франц. — М.: Радио и связь – 1982 – 432 с.
3. Леоненков А. В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH – СПб.: БХВ-Петербург – 2005 – 736 с.
4. Борисов В. В., Круглов В. В., Федулов А. С. Нечеткие модели и сети – М.: Горячая линия-Телеком – 2007 – 284 с.
5. Zadeh L. Fuzzy Sets // Information and Control – 1965 – Vol. 8 – P. 338 – 353.
6. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и ее применение к принятию приближенных решений – М.: Мир – 1976 – 167 с.
7. Малышев Н.Г., Бернштейн Л.С., Боженюк А.В. Нечеткие модели для экспертных систем в САПР. — М.: Энергоиздат – 1991 — 136 с.
8. Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. – М.: Горячая линия – Телеком – 2007 – 288 с.
9. Кофман А., Алуха Х. Хил Введение теории нечетких множеств в управление предприятием – Минск: Высшая школа – 1992 – 223 с.
10. Чернов В.Г. Основы теории нечетких множеств : учеб. пособие /В.Г. Чернов – Владим. гос. ун-т. – Владимир : Изд-во Владим. гос. ун-та – 2010 – 96 с.

О.Д. Тімофєєв, А.А. Жосан, канд. техн. наук, доц.
(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

СТЕНД ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ЧАСТОТИ ОБЕРТІВ ВАЛУ ТРИФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ДВИГУНА

Наведено результати створення стенду для вимірювання частоти обертів валу асинхронного двигуна, що дозволяє випробувати різні закони зміни частоти обертання валу та різними алгоритмами керування з використанням сучасних апаратних засобів.

Постановка проблеми та її зв'язок з науковими та практичними роботами. Для створення ефективних систем управління технологічними механізмами з асинхронним приводом недостатньо суто аналітичних методів синтезу алгоритмів керування. Всі поширені методи такого типу базуються на лінійній концепції моделей об'єктів керування, що не зовсім відповідає дійсності у тому числі у даному випадку. Тому важливу роль у процесі створення алгоритмів керування асинхронним двигуном з урахуванням його нелінійностей та варіацій параметрів робочих механізмів відіграють випробувальні стенди. Опис створення такого стенду для зображення процесу керування трифазним асинхронним двигуном буде наведено у цій роботі.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Існують роботи де було розроблено подібні стенди для навчальних цілей [1-2]. У цих роботах позитивним є те, що вони дають змогу наглядно продемонструвати студентам роботу асинхронного двигуна. Однак, вони не дозволяють провести комплексні роботи з випробувань різних режимів відпрацювання заданих законів частоти обертів валу асинхронного двигуна за різними алгоритмами керування та дослідити чутливість алгоритмів керування до змін параметрів двигуна та робочих механізмів.

Метою даної роботи є створення випробувального стенду для відпрацювання різних режимів регулювання частоти обертів асинхронного двигуна з подальшим перенесенням відпрацьованих алгоритмів на подібні системи та у навчальних цілях для підготовки фахівців з напрямів автоматизації електроприводу.

Викладення основного матеріалу.

Стенд складається з двигуна, до якого приєднано інкрементальний енкодер для вимірювання швидкості та положення (датчик має референсну мітку для позначення «нуля»), частотного перетворювача, контролера та елементів людино-машинних інтерфейсів.

При розробці стенду використовувався перетворювач частоти, що є найбільш використовуваним у промисловості – з проміжною ланкою постійного струму. При низькій вихідній частоті (малих частотах обертання ротора) і малої інерційності навантаження, ці пульсації можуть привести до переривчастого характеру обертання ротора і підвищеного шуму.

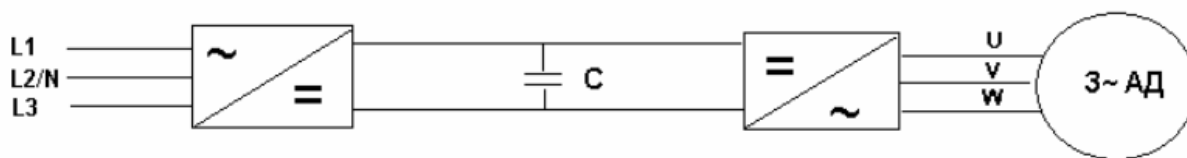


Рис. 1. Схема перетворювача частоти з проміжною ланкою постійного струму

Двигун та частотний перетворювач разом утворюють частотно-регульований привод. Частотний перетворювач має в собі ПІ-регулятор та налаштування, що дозволяють задати необхідні темпи для розгону та гальмування.

Для поліпшення якості керування та подальшого поширення функціональності стенду, до валу двигуна приєднується інкрементальний енкодер та контролер. Контролер виконує замикання зворотного зв'язку по швидкості та дає змогу розгортання на ньому веб-серверу та розробки веб-сторінок з розподіленням за правами доступу, що дозволяють змінювати параметри стенду за допомогою комп'ютеру.

Контролер з'єднаний з частотним перетворювачем за допомогою мережі Modbus (контролер - ведучий).

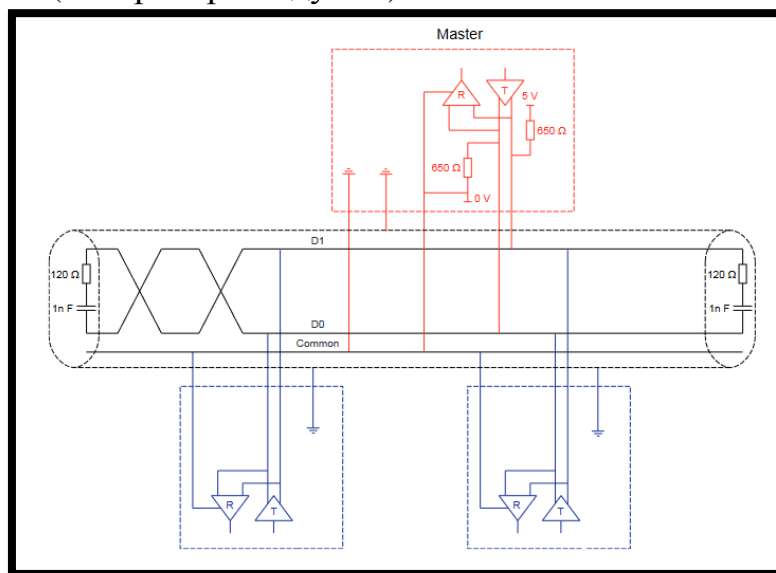


Рис. 2. Схема з'єднання обладнання у мережу Modbus

Перетворювачі кутових переміщень призначені для інформаційного зв'язку по положенню об'єкта, що позиціонується, з пристроєм числового програмного керування або пристроєм цифрової індикації.

Інкрементальний енкодер з'єднаний з контролером по інтерфейсу «push-pull» зі спеціальним апаратним лічильником контролера. Таке підключення широко використовується у промисловості, тому важливо було забезпечити можливість навчання саме йому. Проте також мається змога підключати аналогові та цифрові перетворювачі швидкості та положення, якщо необхідно.

Слід звернути увагу на режим, коли перетворювач знаходиться в нерухомому стані, але на кордоні досягнення дискрету. На виході одного з каналів А чи В через вібраційні високочастотні шуми (особливо при високій

роздільній здатності перетворювача), можуть виникати короткі імпульси, які повідомляють про переході перетворювача в нове положення і про повернення в вихідне. Застосування простих RC-фільтрів на вході пристрою прийому інформації не завжди ефективно, тому слід використовувати селектори тривалості вхідних імпульсів і пропускати на вхід рахункового пристрою тільки ті імпульси, які воно може правильно обробити.

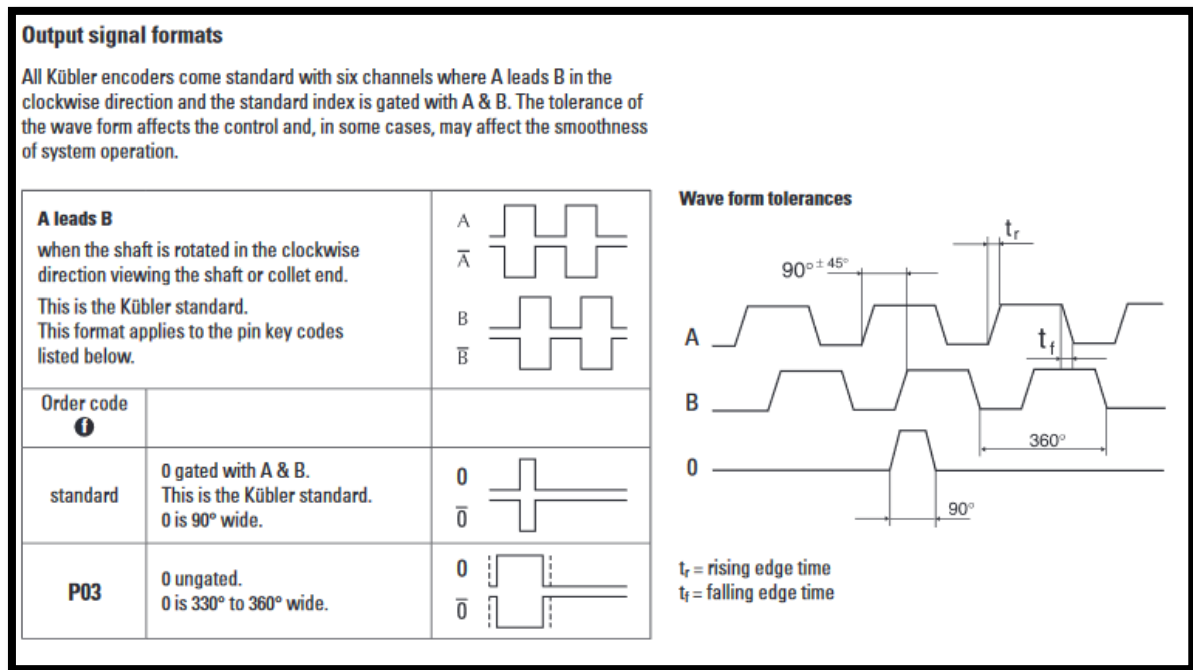


Рис. 3. Схема передачі рахункових імпульсів по інтерфейсу Push-pull

ПЛК MICRO - малий, компактний і високопродуктивний у зв'язку; він також пропонує додаткові переваги для користувачів: знімний штекер, який спрощує попереднє підключення та встановлення, а також специфічні для каналів світлодіоди, які безпосередньо прикріплюються до кожного контакту. Налаштування та програмування системи малих контролерів MICRO здійснюється за допомогою SPEED7 Studio, Siemens SIMATIC Manager або Siemens TIA Portal.

Поточні версії MICRO PLC оснащені інтегрованим веб-сервером, який дозволяє отримати доступ до даних і екранів стану, а також проектів візуалізації через протокол HTTP. На додаток до стандартних протоколів Ethernet, таких як комунікація Modbus TCP або S7, MICRO також спілкується через PROFINET.



Рис. 4 Зовнішній вигляд контролера

Під час розробки стенду, було накопичено велику кількість літератури щодо використаного обладнання, його налаштування та програмування. Ця література також включається до складу стенду для, з одного боку, виключення недоцільної трати часу на вирішення технічних питань, з іншого боку, для розвитку та закріплення навичок по самостійній роботі з літературою при вирішенні інженерних задач.

Висновки по роботі

Даний стенд дає змогу навчати студентів з'єднанню промислового обладнання у робочу систему, встановленню зв'язку через мережу Modbus, теорії керування на прикладі частотно-регульованого прикладу, а також програмуванню ПЛК. Для майбутнього удосконалення стенду, має бути розроблена певна кількість алгоритмів керування - за різними методиками та з урахуванням тих чи інших особливостей системи - для їх демонстрації та порівняння у педагогічних цілях.

Література:

1. Цыфаркин В. И., Горбунов М. Г. Учебно-лабораторный стенд для исследования характеристик электрических машин постоянного и переменного тока // Молодой ученый. — 2011. — №2. Т.2. — С. 134-136. — URL <https://moluch.ru/archive/25/2740/>
2. А.В. Шепельков. Дипломная работа разработка стенда для исследовательской работы по теме «электроприводы переменного тока». — URL <https://studfiles.net/preview/4219769/>

УДК 004:378

М. Д. Шендерук, А. М. Стрюк, канд. пед. наук, доц., в. о. завідувача кафедри моделювання та програмного забезпечення,
(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

ПРОЕКТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ АЛГОРИТМІВ НА ГРАФАХ

В дослідженні розглянуто етапи проектування та розробки програмного забезпечення веб-орієнтованої системи візуалізації алгоритмів на графах. Обґрунтовано актуальність вивчення теорії графів студентами комп'ютерних спеціальностей, розглянуто основні області використання графів, визначено утруднення, що виникають під час вивчення теорії графів та аргументовано необхідність візуалізації основних алгоритмів на графах. Визначено можливості подальшого використання розробленої програми.

Теорія графів є важливим розділом дискретної математики та однією зі складових фундаментальної підготовки бакалаврів з інженерії програмного забезпечення [1]. Теорія графів вивчається у вищих навчальних закладах окремо або у складі інших дисциплін. Аналіз навчальних програм показав, що найбільша увага приділяється наступним елементам практичного застосування теорії графів:

1. Огляд класичних алгоритмів: пошук вшир і пошук вглиб, пошук найкоротших шляхів та максимальних потоків тощо.

2. Розв'язування типових задач практичного характеру (про телекомунікаційні вежі, розфарбування мап, деякі логічні задачі, пов'язані із графічним зображенням відношень).

3. Визначення основних шляхів застосування графів: пошук зв'язних компонентів у комунікаційних мережах; пошук найкоротших та найдешевших шляхів у комунікаційних мережах.

4. Побудова кістякового дерева; пошук максимального потоку для транспортної мережі, в якій визначено джерела, стоки та пропускні спроможності ребер.

5. Ізоморфізм графів.

6. Знаходження циклів графів: гамільтонів цикл (задача комівояжера); ейлерів цикл (контроль дієздатності мережі).

7. Розфарбування графів (розфарбування географічних мап, укладення розкладів навчання, розміщення ресурсів тощо).

8. Планарність графів (проектування друкованих електронних на електричних схем, транспортних розв'язок тощо).

Вивчення студентами алгоритмів на графах ускладнюється тим, що програмні реалізації алгоритмів мають працювати з такими структурами даних, як матриці суміжності, інцидентності, списки суміжності та списки ребер, що є зручними для комп'ютерної обробки, але складними для людського сприйняття. Для глибокого розуміння сутності алгоритмів необхідні засоби візуалізації графів та наочного відображення кожного етапу роботи того чи іншого алгоритму.

Метою нашого дослідження стало проектування та програмна реалізація онлайн системи, що передбачала б детальну і наглядну візуалізацію різноманітних алгоритмів на графах.

Під час проектування програмного забезпечення візуалізації алгоритмів на графах було побудовано ієрархічну модель акторів системи; розроблено модулі бібліотек алгоритмів на графах; створено модулі їх візуалізації; спроектовано карту веб-ресурсу, систему класів веб-додатку, структуру бази даних, візуальний інтерфейс (рис. 1).

В результаті розробки отримано програмний продукт, який доцільно використовувати як засіб наочності під час лекційних занять, як платформу для виконання самостійних робіт студентами.

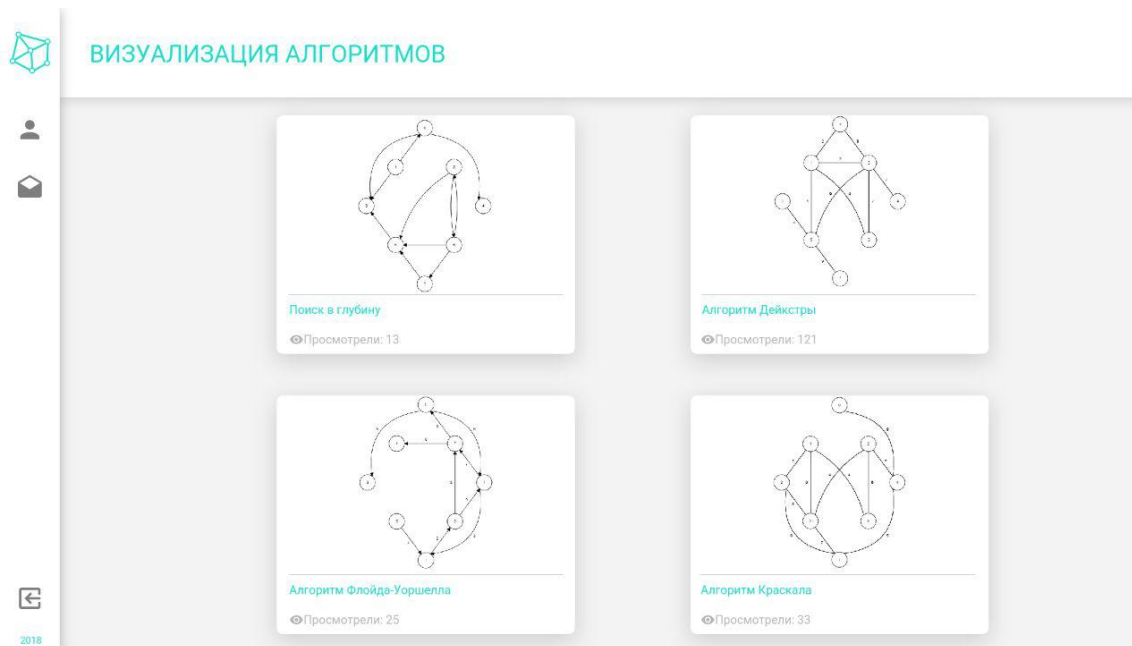


Рис. 1. Інтерфейс програми візуалізації алгоритмів на графах

Серед важливих особливостей розробленої програми, що вирізняє її з поміж існуючих аналогів, слід відзначити наявність модуля інтерактивного спілкування між суб'єктами навчання, що розширює методичні можливості системи, створює умови для її ефективного використання у дистанційному, мобільному та комбінованому навчанні студентів ІТ-спеціальностей [2].

Література:

1. Матвієнко М. П. Дискретна математика XXI століття. Підручник / М. П. Матвієнко. – К.: Ліра-К, 2017. – 324 с.
2. Стрюк А. М. Мобільні програмні засоби професійно-практичної підготовки майбутніх інженерів-програмістів / Стрюк А. М. // Збірник матеріалів IV Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених «Наукова молодь-2016» (15 груд. 2016 р., м. Київ) / за заг. ред. проф. Спіріна О.М. – К. : ІТЗН НАПН України, 2016. – С. 99-101.

Секція 6. Механізація гірничо-металургійного комплексу

УДК 621.9.048

Є.В. Кашенок, Ю.Г. Горбачов, канд. техн. наук, проф.
(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ВІБРАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПОВЕРХНЕВОГО ЗМІЩЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ГІРНИЧИХ МАШИН

Абсолютно необхідною умовою на усіх стадіях проектування гірничої техніки є прагнення до створення максимально міцних та надійних конструкцій з високою працездатністю [1].

Працездатність деталей та вузлів гірничих машин оцінюється рядом умов або критеріїв, що диктуються режимом їхньої роботи. До основних критеріїв

працездатності відносять, перш за все, міцність та жорсткість; для деяких конструкцій – тепло-, зносо- та вібростійкість. Забезпечення цих критеріїв є обов'язковою складовою частиною процесу проектування та виготовлення гірничих машин.

Міцність – це основний критерій працездатності, що характеризує здатність деталі чи вузла чинити опір руйнуванню або виникненню пластичних деформацій під дією прикладених навантажень. Задача забезпечення необхідної міцності полягає у визначенні таких розмірів і форми деталей, що виключають можливість виникнення неприпустимо великої залишкової деформації, передчасних поломок та поверхневих руйнувань.

Гірничорудне та гірничозбагачувальне устаткування працює в надзвичайно важких і несприятливих умовах запиленого і вологого середовища при високих динамічних навантаженнях. В машинах безупинно зростають робочі швидкості і тиски, в результаті чого спостерігається зношення і відбувається руйнування від втомленості відповідальних деталей. Підвищення надійності і довговічності машин є дуже складним і важким взаємопов'язаним комплексом різноманітних проблем. До них відносяться, наприклад, одержання високоякісних матеріалів і комплектуючих виробів з необхідними стабільними фізико-механічними характеристиками [1,2].

Надійність і довговічність машин у значній мірі залежать від якості поверхонь їх деталей, тому що поверхневий шар дуже впливає на експлуатаційні характеристики деталей машин. За останні роки розроблено багато різних способів зміцнення сталі і сплавів. Основною особливістю сучасних методів зміцнення, заснованих на дислокаційній теорії кристалічної будови металів, є сполучення в єдиному технологічному комплексі пластичної деформації і фазових перетворень при термічній обробці. Завдяки цьому виходить сталь високої міцності і пластичності, яку неможливо одержати звичайними методами.

Поверхнєве зміцнення дуже важливо для підвищення якості таких деталей, як твердосплавні елементи бурового інструменту, що мають витримувати опір міцних та абразивних гірничих порід під час буріння шпурів і свердловин.

Аналіз існуючих методів поверхневого зміцнення деталей машин показує, що одним з найефективніших з них є вібраційний, при якому уся поверхня деталі піддається численним ударним впливам з боку металевого оброблювального середовища. Процес відбувається в спеціальних вібраційних установках, робоча камера яких разом з деталями та оброблювальним середовищем коливається під дією вібраційного приводу [3].

Таким чином, задача поліпшення якості поверхонь деталей гірничих машин, у тому числі поверхневого зміцнення твердосплавних елементів бурових коронок та шарошок, є дуже актуальною і створенню засобів механізації цих процесів повинна приділятися належна увага.

З огляду на це, актуальність досліджень з метою розробки технічного рішення вібраційної установки для поверхневого зміцнення деталей гірничих машин не викликає жодних сумнівів.

Література:

1. Громадський А. С. *Проектування гірничих машин і комплексів для видобутку та переробки руд: навч. посіб. для студ. вищих і серед. спец. навч. закладів* / А.С. Громадський, Ю.Г. Горбачов, А.О. Хруцький, О.С. Ліфенцов. - Кривий Ріг: Видавничий центр КНУ, 2017. - 528 с.
2. Гетопанов В.Н. *Проектирование и надежность средств комплексной механизации: Учебник для вузов* / В.Н. Гетопанов, В.М. Рачек. – М.: Недра, 1986. – 208 с.
3. Гончаревич И.Ф. *Вибротехника в горном производстве* / И.Ф. Гончаревич. – М.: Недра, 1992. - 319 с.

УДК 622.647.2

А.О. Данчук, магістрант, Ю. Г. Горбачов, канд. техн. наук, проф.,
(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

ДОСЛІДЖЕННЯ СПОСОБІВ І ЗАСОБІВ БОРОТЬБИ З НАЛИПАННЯМ ГІРНИЧОЇ МАСИ НА КОНВЕЄРНІ СТРІЧКИ

Для транспортування насипних вантажів на підприємствах гірничодобувної, гірничозбагачувальної, металургійної, хімічної та інших галузей промисловості широке використання отримали конвеєри різних типів, в першу чергу стрічкові. Перспективи застосування конвеєрного транспорту величезні, особливо на гірничих підприємствах, і не лише для переміщення пухких, але й скельних гірничих порід.

Одним з основних елементів стрічкового конвеєра, що в значній мірі визначає його вартість, надійність та довговічність, є стрічка. Транспортування матеріалів, схильних до налипання на стрічку, експлуатація конвеєрів в зимових умовах супроводжуються налипанням та намерзанням окремих часток вантажу на робочу обкладинку стрічки. Ці частки проникають в обкладинку і розшаровують стрічку, тобто сприяють не лише її зношенню, але й руйнуванню. Липкі матеріали забруднюють ролики роlikоопор, викликають зношення та корозію їхніх поверхонь, сприяють бічному зсуву стрічки і руйнуванню її кромek. Те саме відбувається і з барабанами, якщо вони контактують з робочою обкладинкою стрічки. Коли ж забруднюється неробочий бік стрічки, можуть порушуватися умови тертя між нею та барабанами. Налиплий матеріал зменшує продуктивність конвеєра, а у випадку небезпеки обledenіння, вона може знизитися на 15-26% [1,2].

Крім того, забруднення робочої поверхні стрічки призводить до засмічення підконвеєрного простору через осипання налиплого матеріалу на холостій гілці конвеєра. Накопичення транспортованого матеріалу під конвеєром заважають нормальній роботі конвеєра, ускладнюють процес його обслуговування та погіршують умови роботи обслуговуючого персоналу. Прибирання ж просипу є дуже трудомісткою операцією і здійснюється здебільшого ручним способом. Як свідчить виробничий досвід, на стрічку може налипати до 3-5% загального обсягу транспортованого нелипкого матеріалу та до 8-10% - липкого [1]. Навіть якщо зі стрічки в підконвеєрний простір буде осипатися лише частина налиплого матеріалу, його вага складе десятки тонн на добу. Все вищевикладене

переконливо свідчить про те, що проблема очищення стрічки від налиплого на неї чи примерзлого вантажу має першорядне значення як для забезпечення нормального режиму експлуатації конвеєра, так і для підвищення терміну служби стрічки та інших вузлів конвеєра.

Боротьбу із забрудненням конвеєрних стрічок транспортованим вантажем (а завдяки цьому із заштибуванням просипом підконвеєрного простору) можна вести у двох основних напрямках [3]. Перший пов'язаний із попередженням або зниженням інтенсивності забруднення конвеєрних стрічок шляхом використання профілактичних способів боротьби з налипанням (намерзанням) матеріалу. Другий напрямок передбачає активний вплив на стрічку з метою видалення з неї частинок налиплого або намерзлого транспортованого вантажу. Нарешті, можливі різноманітні комбінації профілактичних і активних способів боротьби з налипанням.

Проведений аналіз показує, що в даний час і в найближчій перспективі основним напрямком боротьби із забрудненням конвеєрних стрічок транспортованим вантажем залишається їхнє очищення. А профілактичні способи потрібно розглядати як допоміжні, такі, що доповнюють очищення конвеєрних стрічок і підвищують разом з ним ефективність конвеєрного транспорту та усього виробництва.

Література:

1. Варсонофьев В.Д. Устройства для очистки конвейерных лент / В.Д. Варсонофьев, О.В. Кузнецов. – М.: НИИИНФОРМТЯЖМАШ, 1974. - 28 с.
2. Дьяков В.А. Ленточные конвейеры в горной промышленности / В.А. Дьяков, Л.Г. Шахмейстер, В.Г. Дмитриев, И.В. Запенин, Ю.С. Пухов, Е.Е. Шешко. Под ред. чл.-кор. АН СССР А.О. Спиваковского. – М.: Недра, 1982. – 349 с.
3. Тарасов Ю.Д. Очистка конвейерных лент и подконвейерного пространства / Ю.Д. Тарасов. - М.: Недра, 1993. – 192 с.

УДК 624.12

Д.О. Найда, магістрант, Ю. Г. Горбачов, канд. техн. наук, проф.,
(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

АНАЛІЗ ТА РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ БУТОБОЮ ПНЕВМОУДАРНОЇ ДІЇ

Однією із складних проблем гірничого виробництва є отримання заданого гранулометричного складу під час вибухового відбивання скельних гірничих порід. Рішення даної проблеми ґрунтується на виборі оптимальних параметрів вибуху, застосуванні багатозарядного коротко-сповільненого підривання, використанні раціональних схем комутації вибухової мережі тощо. Однак через відсутність надійних методів геологічного картування вибухових дільниць, великого розмаїття гірничих масивів по тріщинуватості, структурі та механічним властивостям порід ще має місце вихід негабаритних шматків породи (так називаних «негабаритів») як наслідок невідповідності вибраних параметрів вибуху властивостям масиву, що руйнується.

Незважаючи на тенденцію деякого зниження відносного виходу негабаритів на гірничодобувних підприємствах, абсолютні обсяги гірничих порід, що потребують вторинного дроблення, лишаються дуже великими. На залізорудних кар'єрах середній вихід негабаритів складає більше 2%, а на гранітних може досягати 20-30% [1].

Поняття «негабарит» є суто уявним, а його кількісна оцінка залежить від типу і показників механічного обладнання, що використовується для навантаження гірничої маси. Максимально допустимий розмір шматка руди в кар'єрі обмежується ємністю ківшу екскаватора, розміром приймального отвору бункера чи дробарки, шириною стрічки конвеєра. При підземній розробці присутність негабаритів перешкоджає вільному випуску гірничої маси з дучок очисних блоків і панелей. Трудові витрати на випуск, вторинне дроблення і доставку гірничої маси в системах розробки з масовим відбиванням сягають 50% загальних витрат на видобуток руди.

Останнім часом спостерігаються значні досягнення в галузі буропідричних робіт, проте поки що неможливо у повній мірі забезпечити визначений заздалегідь максимальний розмір підірваних гірничих порід. У зв'язку з цим, проблема розробки прогресивних способів та технічних засобів руйнування негабаритів є надзвичайно важливою та актуальною.

Аналіз існуючих способів руйнування негабаритів свідчить про досить велику їхню кількість, що пояснюється розмаїтістю як властивостей гірничих порід, так і технологічних процесів гірничого виробництва. При виборі найбільш ефективного способу приймаються до уваги досягнуті техніко-економічні показники порівнюваних методів, а також можливість руйнування негабаритів без зупинки технологічного обладнання. Потрібно враховувати вартість процесу руйнування, його продуктивність, надійність і простоту обладнання, санітарно-гігієнічні показники, екологічні наслідки тощо [1,2].

Механічні способи руйнування негабаритів виявляються найбільш раціональними з точки зору питомої витрати енергії в розрахунку на одиницю об'єму зруйнованого матеріалу. Тому дослідження та розробка машин ударної дії, що працюють на пневматичній або гідравлічній енергії, є головним шляхом розвитку такого типу обладнання.

Для успішного руйнування негабаритів енергія одиничного удару дробильної машини повинна перевищувати певну мінімальну величину, причому ефективність процесу зростає в разі збільшення цієї енергії і зменшення частоти ударів для однакової потужності ударника. Від маси негабариту залежить також маса самого ударника. Тобто, із збільшенням енергії одиничного удару відбувається зростання продуктивності процесу дроблення негабаритів [3]. Величина одиничної енергії удару повинна бути в межах 5-10 кДж, а частота – 65-130 ударів за хвилину [1]. Подальші дослідження дозволять обґрунтувати раціональні параметри бутобою.

Література:

1. Разрушение негабаритных кусков горных пород / В.Ф. Бызов, М.И. Великий, А.И. Черконос, С.З. Вайсман. – К.: Техніка, 1986. – 135с.

2. *Механизация дробления негабаритов на открытых и подземных горных работах / И.И. Красовский, В.А. Рубинштейн, Б.Л.Зейда и др. // В кн.: Основные направления развития техники и технологии для открытых и подземных горных работ. - Л.: 1984. – 136 с.*

3. *Вихляев А.А. Ударное дробление крепких материалов / А.А. Вихляев, В.В. Каменский, А.И. Федулов. - Новосибирск: ИГД СО АН СССР, 1969. – 157 с.*

УДК678.4:539.3

А.В.Бартош , магістрант, А.С. Громадський, докт.тех.наук, проф., А.О. Хруцький, канд.техн.наук, доц.

(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

ДОСЛІДЖЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ГУМОВИХ ВІБРОІЗОЛЮЮЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ ГІРНИЧИХ МАШИН

Вібраційно-транспортні машини знайшли широке застосування в гірничовидобувній галузі і займають значне місце в технологічному процесі. У зв'язку з широким використанням вібротранспортуючих машин з інтенсивним динамічним впливом виникає проблема забезпечення високої ефективності їх віброізоляції при безфундаментній установці [1]. Для вібраційної техніки промислових підприємств в якості пружних опорних елементів переважно використовуються сталеві циліндричні пружини. Специфіка роботи машин часто не дозволяє вирішувати проблеми зменшення вібрації і шуму за рахунок зниження віброактивності джерела. Тому ефективним є способи, пов'язані зі зменшенням вібрації на шляху її поширення, тобто відбиття вібрацій на кордоні розділу двох тіл за допомогою віброізолюючих систем. Широке поширення, як в Україні, так і за кордоном отримали віброізолюючі системи з використанням еластомерних конструкцій на основі гум [2, 3]. Найбільшого поширення в практиці отримали пружні елементи у вигляді суцільних або порожнистих гумових і гумометалевих циліндрів з різною формою вільної поверхні. Порожні циліндричні гумові елементи, як правило, використовуються для віброізоляції машин порівняно невеликої (до 20-30 т) маси; суцільні і гумометалеві віброізолятори застосовуються для віброізоляції важких (30 т і більше) машин. Тривалий досвід експлуатації віброізолюючих систем в умовах гірничого, гірничо-металургійного виробництва показав, що використання таких віброізоляторів дозволяє підвищити довговічність і надійність машин, забезпечити виконання санітарних норм на майданчиках обладнання і тим самим захистити обслуговуючий персонал і опорні конструкції від шкідливої дії вібраційних навантажень.

Залишаються невирішеними завдання раціонального проектування віброізолюючих систем, що включають забезпечення необхідної якості віброізоляції з одночасним забезпеченням припустимих переміщень і стійкості віброізоляторів.

Тому є необхідність проведення ряду експериментів, які б дозволили порівняти параметри жорсткості гумових амортизаторів з параметрами жорсткості використовуваних в промисловості сталевих циліндричних пружин,

адже заміна металевих пружин на дешевші гумові амортизатори представляється дуже привабливою. Отже, дослідити вплив різних порожнин в гумових амортизаторах на їх жорсткість для зменшення відношення власної ваги до несучої здатності і вартості виробництва амортизаторів і можливість застосування таких амортизаторів у вібраційно-транспортних машинах є актуальним науково-технічним завданням.

Внутрішні втрати в матеріалі (гумі) є наслідком "надмолекулярної структури" гуми (молекули є довгими гнучкими нитками, розташованими хаотично у вигляді заплутаного клубка, а макромолекули складаються у вигляді окремих пачок) і мають велике значення для резинометалічних амортизаторів, як віброізолюючих елементів вібраційних машин.

Більшість відомих залежностей сила-деформація і жорсткості розроблені для гумових амортизаторів простої форми. Це пов'язано з переважним використанням амортизаторів різноманітних конструкцій, що складаються з простіших за формою і способом розрахунку амортизуючих елементів.

Розглянувши 5 різномітних форм амортизуючих гумових елементів встановлено, що доцільно застосування гумовометалевий амортизатор виконаний з гумовотканинного полотна закріпленого торообразно на двох металевих пластинах. Він є податливішим амортизатором з усіх розглянутих, має меншу жорсткість, що обумовлюється коефіцієнтом передачі зусиль на несучі конструкції.

УДК 621.879.3:622.271

В.В.Жук, магістрант, А.О.Хруцький, канд. техн.наук, доц.,
В.А.Громадський канд.техн.наук, ст. викладач
(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

ПАРАМЕТРИ КАР'ЄРНИХ ЕКСКАВАТОРІВ ТИПУ ПРЯМА ЛОПАТА В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Умови роботи екскаваторів визначаються типом і станом порід у забої, досконалістю технології попереднього розпушування. Велика різноманітність цих умов ускладнює вибір раціональних параметрів проєктованих екскаваторів. Кар'єрні екскаватори малої і середньої потужності можуть проєктуватися, як машини універсального застосування. У цьому випадку копаючі механізми необхідно розраховувати на граничні навантаження у найбільш важких умовах різних забоїв. Унікальні машини великої потужності доцільно проєктувати для певних умов у забоях передбачуваної експлуатації, забезпечуючи найбільшу інтенсивність робочого процесу.

Розглянувши та проаналізувавши залежності, пропоновані різними авторами для визначення лінійних параметрів робочого устаткування потужних кар'єрних лопат, встановлено неможливість оцінки екскаваторів за техніко-економічними

показниками, а відомі методики визначення зусиль і потужностей механізмів підйому і напору, слід зазначити, що вони є недостатньо ефективними [1-5].

Визначення впливу геометрії вузлів робочого устаткування на зусилля копання і енергоємність робочого процесу та обґрунтування способів інтенсифікації робочого процесу за рахунок швидкого пристосування як до низьких, так і до високих забоїв. При цьому необхідно розширити адаптивні властивості робочого устаткування і інтенсифікувати робочий процес за рахунок настановного руху верхньої частини стріли.

На основі аналізу конструкцій екскаваторів та методик їхнього розрахунку для зіставлення і оцінки екскаваторів за техніко-економічними показниками, а також для попереднього вибору основних параметрів пропонуються два коефіцієнти. Це дозволить пов'язати такі параметри забою, як висота розвалу, середній розмір шматка породи у розвалі, коефіцієнт розрихлення, з лінійними параметрами робочого обладнання. Основою для вибору майбутніх параметрів робочого устаткування є розрахунок зусиль опору копанню породи ковшем лопати і необхідних потужностей механізмів для подолання цих зусиль.

Основною умовою удосконалення розрахунку є відрізок профілю забою еквідистантними по горизонталі стружками. Величина роботи, що здійснюється механізмом підйому при копанні кожної стружки, знаходилася за величиною змотування підйомного каната, визначуваною з геометричних побудов для кожного розрахункового положення ковша. Збільшення горизонтального зусилля може бути отримано при опусканні рухомої частини стріли в робочому обладнанні.

На основі статистичного аналізу розроблено коефіцієнти, що характеризують розроблюваний забій, для попереднього вибору основних параметрів екскаваторів типу пряма лопата за техніко-економічними показниками. 2. На основі аналізу енерговитрат при копанні прямою лопатою з різними варіантами співвідношення основних параметрів визначено, що для зменшення енергоємності раціональним є застосування в конструкції робочого устаткування з низьким положенням осі напірного механізму, ковша з найбільшою можливою місткістю і головних блоків найбільшого з можливих діаметрів.

У подальшому планується розробити подібні коефіцієнти для зіставлення і оцінки екскаваторів за техніко-економічними показниками, а також для попереднього вибору основних параметрів для екскаваторів інших типів.

Література:

1. Ярцев Г.М., Желобанов П.В. Экскаваторы. – М.: Недра, 1982 – 569с.
2. Крикун В. Я., Манасян В. Г. Расчет основных параметров гидравлических экскаваторов с рабочим оборудованием обратная лопата. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2001. – 320 с.
3. Экскаваторы на карьерах. Конструкции, эксплуатация, расчет / Г.И.Козовой, Ф.А.Чакветадзе Ю.А.Антонов, В.Б.Корецкий. – М.: Горная книга, 2011. – 416 с.

УДК 622.6

О.О. Очеретяний, А.О. Хруцький, канд.техн.наук, доц.,
В.А.Громадський, канд.техн.наук, ст. викладач
(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОБГРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ДИСКОВОГО ГАЛЬМА ПІДЙОМНОЇ МАШИНИ ТИПУ МПМН-3,14-4

Безпека і надійність експлуатації шахтного підйому обумовлена, зокрема, регламентацією параметрів режимів запобіжного гальмування. Вирішення цієї проблеми пов'язане з якістю роботи гальмівного пристрою і, перш за все, з можливістю регулювання величини гальмівного моменту.

Сучасний шахтний підйом характеризується розширюючимся використанням у конструкціях шахтних підйомних машин (ШПМ) дискових гальм з багатoelementним приводом. Крім того, недооцінка теплових явищ у дискових гальмах при існуючих фрикційних матеріалах для умов подальшої інтенсифікації шахтного підйому може привести до порушення режимів запобіжного гальмування.

Розглянувши теорії створення гальмівних пристроїв ШПМ, дослідження з впливу швидкодії гальма ШПМ на процес запобіжного гальмування, дослідження динаміки гальм сучасних ШПМ, наприклад [1], слід зазначити, що теплові процеси, які протікають у дисковому гальмі підйомної машини під час гальмування, зокрема глибина і температура прогрівання колодки, а також вплив форми колодки на процес гальмування недостатньо ретельно розглянуті.

Для реалізації переваг дискових гальм ШПМ з багатoelementним приводом, вибора їх раціональних параметрів необхідно на основі теоретичних положень дослідити умови теплового стану пар тертя і добитися зниження динамічних зусиль у гальмівній системі при перехідних процесах для режимів запобіжного гальмування ШПУ.

У роботі проведено комплексний облік теплових явищ у дискових гальмах, дослідження процесу нагріву деталей гальм для різних режимів попереднього гальмування, а також дослідження впливу форми гальмівної колодки на процес гальмування виконується на основі теорії розрахунку гальмівної колодки, як одних з найбільш значимих чинників і параметрів дискового гальма ШПМ при перехідних процесах, що дозволяє підвищити роботоспроможність та експлуатаційну надійність гальм ШПУ при мінімальних витратах на виготовлення і обслуговування.

На основі математичної моделі теплового стану дискового гальма, що дозволяє досліджувати температурні поля в парі тертя, обгрунтовано вимоги до теплофізичних, фізико-механічних властивостей фрикційних матеріалів і розраховано раціональні розміри гальмівної колодки з умови теплового режиму запобіжного гальмування.

Процес гальмування характеризується локально високими значеннями температури в зоні контакту, тоді як основна маса матеріалу накладок і диска не

піддається дії високих температур.

Максимальний градієнт температури спрямований перпендикулярно поверхні тертя контактуючих матеріалів, тому тепловіддача від гальмівного диска в обичайку барабана незначна і у розрахунках нею можна нехтувати

Розроблено математичну модель теплового стану дискового гальма, що дозволяє досліджувати температурні поля в парі тертя. Встановлено, що фрикційні накладки прогріваються на незначну глибину (4-5 мм) в порівнянні з гальмівним диском, а максимальна температура у парі тертя дискового гальма не перевищує 35°C ; 2.

На основі теорії розрахунку гальмівної колодки розроблено методику дослідження впливу форми колодки на процес гальмування, що дозволяє досліджувати величину створюваного гальмівного моменту залежно від форми колодок. Колодка секторної форми при однаковому зусиллі притиснення створює гальмівний момент на 27-28% більше за гальмівний момент, що створюється колодкою круглої форми.

У подальшому планується провести дослідження з впливу швидкодії гальма ШПМ на процес запобіжного гальмування, та дослідити динаміку гальм сучасних ШПМ.

Література:

І.Степанов А.Г., Фролов А.Н. Динамика пружинно-гидравлического привода дискового тормоза шахтной подъемной машины // Тез. докл. Всесоюзной конф. "Динамические процессы в горных машинах и стационарных установках". -Тбилиси, 1989.-С.93-94.

УДК 621.867.2:62-585.9

Н.А. Селєдцова, викладач

(Україна, Кривий Ріг, Гірничий коледж Криворізький національний університет)

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ РЕДУКТОРА ПРИВОДА СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРА

Модернізація роботи конвеєрного транспорту полягає як у правильному виборі електроприводу конвеєру, так і в удосконаленні механічної частини привода. Для зменшення затрат та маси редуктора можлива заміна матеріалу валів. Наприклад, для валу редуктора заміна сталі 40Х та сталь 35 (стрічковий конвеєр ЛК 319, ДСФ шахти «Гвардійська» ПАТ «Кривбасзалізрудком».

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними задачами.

Техніко-економічні показники роботи підприємств гірничорудної галузі промисловості в значній мірі залежать від працездатності стрічкових конвеєрів та їх економічних показників. На дробильно-сортувальних фабриках (ДСФ) шахт проектування стрічкових конвеєрів впливає на техніко-економічні показники роботи як конвеєрного господарства, так і самого гірничорудного підприємства. В зв'язку з цим, проектування (модернізація) конвеєрної лінії – важлива складова у роботі гірничорудних комбінатів. Заміна валу редуктора зі сталі 40Х на сталь 35, що дасть можливість зменшити масу та собівартість редуктора.

Аналіз досліджень.

При виборі (або проектуванні) конвеєра в першу чергу звертається увага на продуктивність (Q), вона може бути виражена в масових (т/год, т/хв) або об'ємних одиницях ($\text{м}^3/\text{год}$, $\text{м}^3/\text{хв}$). Взаємозв'язок між масовими (Q) і об'ємними (V) значеннями продуктивності здійснюється через насипну щільність матеріалу, що транспортується (ρ , $\text{м}^3/\text{т}$). Існує три види продуктивності: теоретична, технічна (паспортна) і експлуатаційна з відношенням $Q_{\text{теор}} > Q_{\text{техн}} > Q_{\text{експл}}$ [1].

Аналіз продуктивності (завантаження) конвеєрів за тривалий відрізок часу показує, що навантаження змінюється в широких межах – від $(0,1-0,2)Q_n$ до $(1,2-1,4)Q_n$, причому максимальне завантаження має місце при «заштибовці» конвеєра, а тривалість таких періодів становить кілька відсотків від загального часу роботи [1]. Велику частину часу конвеєрні лінії гірничо-шахтного транспорту працюють з недовантаженням, що призводить до непродуктивних енерговитрат. Тому основна тенденція теперішнього часу – застосування спеціальних пристроїв для регулювання продуктивності.

Привід як об'єкт, що складається з кількох окремих частин, може бути спроектованим у різних варіантах. В приводі можуть бути використані різні типи двигунів та редукторів, муфти того самого функціонального призначення можуть мати неоднакову конструкцію. Все це обумовлює багатоваріантність та неоднозначність розв'язування задачі проектування приводів. Остаточний вибір того чи іншого варіанту приводу повинен базуватись на аналізі багатьох параметрів. Для приводів машин критеріями оптимізації можуть бути їхні маса, вартість, ККД, надійність у роботі, витрати при експлуатації тощо.

Найбільш поширеними є приводи конвеєру з: короткозамкненим асинхронним двигуном; тиристорним регулятором напруги (система ТРН-АД), що використовується для реалізації плавного пуску; застосуванням асинхронних двигунів з фазним ротором, що обмежують прискорення та ривок при пуску; введенням додаткової ЕРС в коло ротора (система АВК), що дозволяє регулювати частоту обертання вгору або вниз від синхронної тощо. В даний час найбільш перспективною системою електроприводу для конвеєрів слід вважати ПЧ – АД, яка реалізує необхідний темп розгону, безступінчато переходить на знижену частоту обертання і навпаки, реалізує роботу системи по мінімуму енергоспоживання [1].

Постановка задачі.

В даних дослідженнях запропоновано для валу редуктора розглянути сталі 40Х та сталь 35. Сталь 40Х – низьколегована сталь, в якості легованого елементу уведено хром. Сталь містить: вуглець – 0,4% і хрому – 1%, шкідливі домішки сірка та фосфор містяться по 0,035%. Додавання хрому до цієї сталі підвищує міцність сталі, тому вартість легованих сталей вища за вартість вуглецевих.

Поеднуючи легування з термічною обробкою, можна отримати бажану структуру, отже механічні, технологічні, фізичні та хімічні властивості. Для виготовлення валів редуктора сталь 40Х піддають покращенню, яке складається з відпалу та високого відпуску.

Сталь 35 – маловуглецева сталь, вмістом вуглецю 0,35%, кількість вмісту шкідливих домішок сірки та фосфору складає стільки ж скільки в сталі 40Х. Ця сталь призначена для виготовлення валів-шестерень, колінчастих валів, шпинделей, циліндрів та інших деталей, до яких висувають вимоги високої поверхневої міцності.

Виконаємо уточнюючий розрахунок вала з матеріалу сталь 40Х.

Для заданої сталі: $\sigma_b = 930$ МПа – межа міцності матеріалу [4], $\sigma_T = 690$ МПа – межа плинності матеріалу [4], $\sigma_{-1} = 270$ МПа – межа витривалості матеріалу [4].

Уточнюючий розрахунок валів полягає в визначенні розрахункових коефіцієнтів запасів міцності. У розрахунку враховується характер зміни напружень, характеристики витривалості матеріалів, фактори концентрації напружень. При розрахунках приймають, що напруження згину змінюються за симетричним циклом, а нормальні напруження стиску постійні.

Межа витривалості при симетричному циклі згину:

$$\sigma_{-1} = 0,35 \cdot \sigma_b + 100 \text{ МПа} \quad (1)$$

Межа витривалості при симетричному дотичному напруженні:

$$\tau_{-1} = 0,58 \cdot \sigma_{-1} \text{ МПа} \quad (2)$$

Момент опору згину:

$$W_{\text{нетто}} = \frac{\pi d^3}{32} - \frac{b t d_2 - t^2}{2 d_2} \text{ мм}^3 \quad (3)$$

де: d – діаметр вхідного кінця валу, b, t, h – розміри шпонки. [3]

Коефіцієнт запасу міцності по нормальним напруженням:

$$S_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{k_\sigma}{\varepsilon_\sigma} \cdot \sigma_v + \psi_\sigma \sigma_m} \text{ МПа} \quad (4)$$

де: k_σ – коефіцієнт концентрації нормальних напружень, $k_\sigma = 2,22$ [2], $\varepsilon_\sigma = 0,73$ [2], $\psi_\sigma = 0,3$ – для легованих сталей ($\psi_\sigma = 0,25 \div 0,3$).

Амплітуда нормальних напружень:

$$\sigma_v = \sigma_m = \frac{M \cdot 10^3}{W_{\text{нетто}}} \text{ МПа} \quad (5)$$

Амплітуда та середнє напруження від нульового циклу:

$$\tau_v = \tau_m = \frac{T_1}{2 W_{\text{нетто}}} \text{ МПа} \quad (6)$$

Коефіцієнт запасу міцності при дотичних напруженнях:

$$S_\tau = \frac{\tau_{-1}}{\frac{k_\tau}{\varepsilon_\tau} \cdot \tau_v + \psi_\tau \cdot \tau_m} \quad (7)$$

де: k_τ – коефіцієнт концентрації дотичних напружень, $k_\tau = 1,9$ [2], $\varepsilon_\tau = 0,7$ [2], $\psi_\tau = 0,1$.

Загальний розрахунковий коефіцієнт запасу міцності:

$$S = \frac{S_\sigma \cdot S_\tau}{S_\sigma^2 + S_\tau^2} \quad (8)$$

Допустиме значення коефіцієнту запасу міцності: $S = 2; 4,6 > 2$.

Виконаємо розрахунок вала з матеріалу сталь 35.

Для заданої сталі: $\sigma_b = 550$ МПа – границя міцності матеріалу [4],

$\sigma_T = 270$ МПа – границя плинності матеріалу [4], $\sigma_{-1} = 235$ МПа – границя витривалості матеріалу [4].

Границя витривалості при симетричному циклу згину:

$$\sigma_{-1} \approx 0,43\sigma_B \text{ МПа} \quad (9)$$

Границя витривалості при симетричному циклу дотичних напружень:

$$\tau_{-1} \approx 0,58 \cdot \sigma_{-1} \text{ МПа} \quad (10)$$

Момент опору згину:

$$W_{\text{нетто}} = \frac{\pi d^2}{32} - \frac{b t_1 d - t_1^2}{2d} \text{ мм}^3 \quad (11)$$

де: d – діаметр вхідного кінця валу; b, h, t – розміри шпонки . [3]

Амплітуда та середнє напруження від нульового циклу:

$$\tau_v = \tau_m = \frac{T_1}{2W_{\text{нетто}}} \text{ МПа} \quad (12)$$

Коефіцієнт запасу міцності по дотичних напруженнях:

$$S_\tau = \frac{\tau_{-1}}{\frac{k_\tau}{\varepsilon_\tau} \tau_v + \psi_\tau \tau_m} \text{ МПа} \quad (13)$$

де: k_τ – коефіцієнт концентрації дотичних напружень, $k_\tau = 2,22$ [2], ε_τ – масштабний фактор для дотичних напруженнях, $\varepsilon_\tau = 0,78$ [2], для конструкційних сталей – $\psi_\tau = 0,1$ [2].

Коефіцієнт запасу міцності по нормальним напруженням:

$$S_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{k_\sigma}{\varepsilon_\sigma} \sigma_v + \psi_\sigma \sigma_m} \text{ МПа} \quad (14)$$

де: $k_\sigma = 2,26$ – коефіцієнт концентрації нормальних напружень [2], $\varepsilon_\sigma = 0,84$ – масштабний фактор для нормальних напружень [2], ψ_σ – амплітуда нормальних напружень, для вуглецевих сталей $\psi_\sigma = 0,1$ [2], Место для формулы.

$$\sigma_v = \frac{M \cdot 10^3}{W_{\text{нетто}}} \text{ МПа} \quad (15)$$

де: M – обертовий момент на валу.

Загальний розрахунковий коефіцієнт запасу міцності:

$$S = \frac{S_\sigma S_\tau}{S_\sigma^2 + S_\tau^2} \text{ МПа} \quad (16)$$

Допустиме значення коефіцієнту запасу міцності: $S = 2; 2,9 > 2$.

Виходячи з собівартості 1 кілограма сталі 40Х і сталі 35 кругового прокату різниця вартості дорівнює 15-16,5%.

Висновки. У результаті проведених розрахунків отримані коефіцієнти запасу міцності валу виконаного із сталі 35, $S=2,9$, а для валу із сталі 40Х, $S=4,6$, при допустимому значенні коефіцієнта міцності $S=2$. Виконані розрахунки дають можливість зрозуміти, що в поєднанні з іншими вимогами до роботи привода, при виготовленні валу редуктора можна замінити сталь 40Х на менш дорогу сталь 35, та використовувати таку заміну при ремонтах. Вартість сталі 40Х вища вартості сталі 35 на 15,5%. Також при проведенні аналогічних розрахунків можливо замінити інші вали редуктора на сталь 35, що дасть можливість ще більше зменшити затрати на собівартість та масу редуктора.

В умовах жорсткої конкуренції та нестабільного стану економіки, підприємства повинні максимально зменшувати собівартість продукції, тому така заміна може стати однією складовою частиною комплексу робіт по зменшенню витрат на виробництво.

Література:

1. *Электромеханические системы транспортирующих механизмов* / [В. Ф. Борисенко, А. А. Чепак, В. А. Сидоров та ін.]. – Донецк: Вебер, 2007. – 332 с.
2. *Детали машин* / [Куклин Н.Г., Куклина Г.С.,]. – Москва: Высшая школа, 1973. – 382 с.
3. *Курсовое проектирование деталей машин и механизмов.* / [Чернилевский Д.В.]. – Москва: Высшая школа, 1980. – 239 с.
4. *Курсовое проектирование деталей машин.* / [Шейнблит А.Е.]. – Москва: Высшая школа, 1991. – 431 с.

УДК 621.316.728.016.24

О.В. Митрофанов, аспірант

(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

КЕРУВАННЯ ТЯГОДУТТЬОВИМИ ПРИСТРОЯМИ КОНВЕЄРНОЇ ВИПАЛЮВАЛЬНОЇ МАШИНИ

Існуюча технологія виготовлення залізорудних обкотишів потребує економічного спалювання палива і раціональне використання атмосферного повітря, що не завжди забезпечується на існуючих фабриках огрудкування. Суттєво впливають на виготовлення обкотишів процеси температурного і газодинамічного режимів, що діють у кожній зоні конвеєрної випалювальної машини (КВМ). На ці режими суттєво впливає перерозподіл газо-теплоносіїв по технологічним зонам КВМ: сушіння, попередньому нагрівання, випалювання і охолодження. Тому збереження енерговитрат є актуальним питанням сьогодення при модернізації працюючих КВМ.

Для рішення цієї задачі найкращим варіантом є керування тягодуттьовими пристроями КВМ із використанням SCADA системи побудованої на основі програмного середовища LabView. За допомогою цього середовища пропонується графічний підхід до програмування і будуються системи автоматизованого керування із застосуванням різних інтерфейсів зв'язку між комп'ютером та керуючим пристроєм. Тому для керування тягодуттьовим пристроєм КВМ використовується мікроконтролер, який підключений до комп'ютера. Програмне забезпечення SCADA системи розроблено у LabView і встановлено на комп'ютері. Для зв'язку використовується порт USB, який працює за принципом COM-порту, через який передаються дані між мікроконтролером та комп'ютером. У LabView використовується бібліотека VISA, яка дозволяє послідовно відправляти та приймати дані від мікроконтролера. Система працює за принципом, що комп'ютер є головним і через USB відправляє команди мікроконтролеру, який повинен їх виконувати та відправляти комп'ютеру відповідь за необхідності. Якщо команди від комп'ютера не надходять, то мікроконтролер не виконує ніяку передачу даних.

Мікроконтролер має програму для керування тягодуттьовими пристроями КВМ. Одна з команд виконує перевірку на надходження даних з комп'ютера, у яких повинні бути команди, що потрібно виконати. Команди, які надходять від комп'ютера завчасно визначені і мають свої номери, за якими ідентифікуються

мікроконтролером, а потім виконуються. Якщо команда потребує данні у відповідь, то комп'ютер очікуватиме обробку команди мікроконтролером та відповідних даних. Для попередження виконання невірних команд та пошкодження даних, використовується перевірка вхідних даних, шляхом розрахунку контрольної суми. Контрольна сума розраховується на комп'ютері і додається у кінець переданих даних, на мікроконтролері виконується ті ж дії, і якщо значення контрольної суми не співпадає у переданих даних, вони відкидаються. Комп'ютер, не отримуючи відповіді, виконує повторну спробу для передачі даних через деякий час. Перевірка даних із використанням контрольної суми здійснюється, як при передачі даних із комп'ютера на мікроконтролер, так і навпаки. Перед відправленням будь-яких команд із комп'ютера та їх виконання, комп'ютер повинен упевнитись, що з'єднання встановлено і можлива передача даних у обох напрямках. Для цього першої командою відправляються дані із запитом на роботу з комп'ютером і якщо мікроконтролер знає, що це за команда, може її виконати, то він відправляє дані на комп'ютер. На комп'ютері програма знає, які дані повинен відправити мікроконтролер, тому при отриманні відповідної відповіді дає дозвіл на виконання інших команд.

Основну роботу, щодо керування: виконує мікроконтролер, він вирішує коли змінювати режим, знімати дані та інше. З'єднання з комп'ютером використовується для передачі даних або зміни режиму роботи. Програма мікроконтролера виконує збір даних, таких як напруга і струм, температура, кількість обертів двигуна та інших даних. Також виконується встановлення режиму роботи тягодуттьовими пристроями KBM. Режим роботи обирається вручну на SCADA системі або на панелі управління. Як тільки мікроконтролер отримує команду будь-яким із цих способів, він не виконує її негайно, а запам'ятовує, що потрібно змінити у роботі системи. Так, як зміни режиму роботи, зміни швидкості двигуна потребують виконання не одної простої дії, функції, що забезпечують цю властивість виконуються у певному порядку у циклічній роботі мікроконтролера і можуть не знаходитись поряд з функціями, щодо обробки команд від комп'ютера або панелі керування. Така робота дозволяє завжди виконувати зміни у роботі системи лише в одному місті, що знижує ризики на конфліктні ситуації, що можуть виникнути при зміні роботи системи, що підвищує стабільність роботи системи та зменшує імовірність виникнення не бажаних ситуацій при роботі.

Використання системи роботи, коли комп'ютер відправляє команди, а мікроконтролер повинен їх виконувати та відправляти дані у відповідь, обґрунтовується тим, що команди від комп'ютера виконуються рідше ніж внутрішні команди системи. Так команди від комп'ютера надходять кожні 200 мс, чого достатньо для відображення роботи системи, а виконання внутрішнього циклу мікроконтролера займає 20 мс. При постійному відправленні даних мікроконтролером збільшується час виконання внутрішнього циклу, що призводить до збільшення часу на реагування на події при роботі системи.

Віртуальний прилад керування тягодуттьовими пристроями KBM складається з декілька підприладів. Приклад блок-діаграма віртуального підприладу

«GetParameters» наведено на рис.1. Він повинен відправляти запит до плати на відправку даних, що зчитані з датчиків. Дані повинні бути представлені, як виходи віртуального приладу. Так як все керування тягодуттьовими пристроями КВМ повинно відбуватись без використання комп'ютера, то алгоритм управління роботою виконується завжди у мікроконтролері, а на комп'ютер будуть передаватись дані про стан роботи. Для отримання даних щодо включеного режиму, поточного стану роботи, розроблено віртуальний підприлад «GetStatus», блок-діаграма представлено на рис.2.

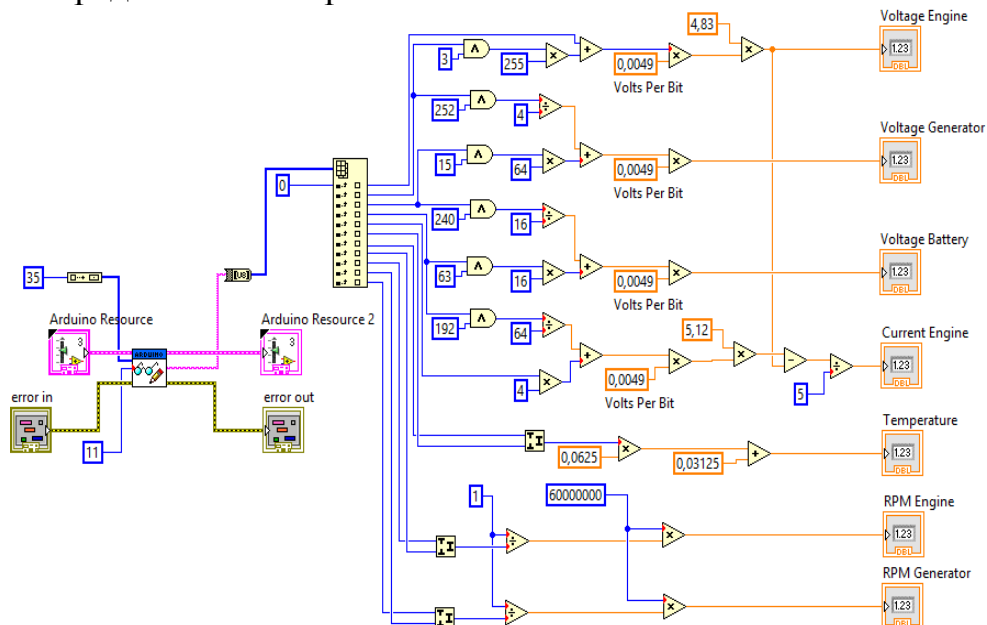


Рис. 1 Блок схема ВП «GetParameters»

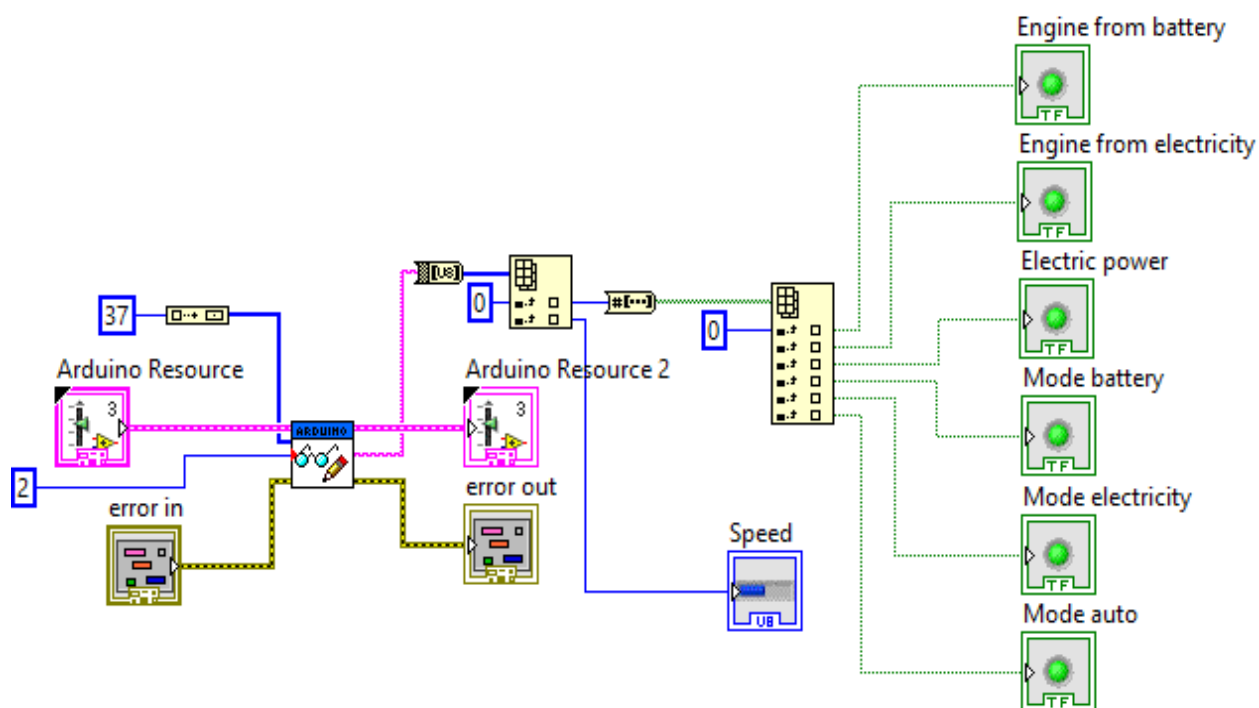


Рис. 2. Схема ВП «GetStatus»

Висновок. Керування тягодуттьовими пристроями КВМ із SCADA системою побудованої на основі програмного середовища LabView дозволило визначити

перерозподіл температур газоповітряних потоків по технологічним зонам КМ. При цьому керування тягодуттьовими пристроями КВМ виконувалось у функціях температур газоповітряних потоків, що відходять із технологічних зон випалювання і рекуперації.

УДК 624.02

Л.І. Букаєв , К.М. Романенко, канд. техн. наук, доц.
(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

ПЕРЕВАГИ ВСТАНОВЛЕННЯ СТАЦІОНАРНИХ БУТОБОЇВ У ЦЕХАХ КРУПНОГО ДРОБЛЕННЯ ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНИХ КОМБІНАТІВ

В гірничій та металургійній промисловості завжди гостро стоїть питання підвищення рівня продуктивності праці і кількості виробництва товарної продукції. Намагаючись вирішити це питання інженери і науковці дійшли до висновків, що одним з важливих етапів на шляху до досягнення цієї мети є забезпечення повної безперервності виробництва на всіх його етапах, тому що, будь яка затримка або призупинення виробництва веде за собою фінансові втрати підприємства.

Гірничо-збагачувальні комбінати часто стікаються із проблемою призупинення виробництва на етапі крупного дроблення породи через потрапляння у технологічний процес негабаритних уламків породи, що можуть спричинити утворення затору, одиничним завеликим або декількома менш габаритними уламками породи у потоці, у прийомних воронках бункерів-накопичувачів чи дробарок крупного дроблення.

При виникненні подібної ситуації на підприємствах використовують декілька стандартних способів вирішення подібної ситуації:

Руйнування затору за допомогою ломів або крюка мостового крану;

Проштовхування негабариту за допомогою крюка мостового крану або екскаватора;

Діставання негабаритних уламків породи із прийомних воронки бункерів та дробарок за допомогою тросів та ланцюгів.

Однак данні методи малоефективні через свою не універсальність, потребу великого періоду простою для реалізації, від декількох десятків хвилин до декількох годин, та потребою спуску працівників у небезпечну зону, що може привести до травматизації і в цілому є порушенням норм охорони праці і техніки безпеки.

Також для вирішення подібних питань, утворення заторів породи, існують і інші способи :

Зміна сітки буріння при підриванні породи для забезпечення менших уламків після вибуху;

Відсіювання негабариту на місці видобування;

Використання додаткового дроблення на місці видобування (кар'єр, шахта);

Використання додаткового дроблення безпосередньо у цехах попереднього дроблення.

Однак не всі ці способи є стовідсотково ефективними так як перший спосіб потребує додаткових витрат на буріння та вибухівку и при цьому не може гарантувати того факту, що негабаритний уламок не може утворитися. Другий спосіб також не гарантує того що негабаритний уламок не потрапить у прийомну воронку дробарки так як сортування виконує людина (оператор екскаватора) до того ж можливе утворення затору через неправильну орієнтацію уламка у просторі, також додатковою проблемою буде виникнення на місці видобування відвалю негабаритної породи, що також є дуже не економічно. Третій спосіб вже має більш високу ефективність але не виключає з себе деякі недоліки другого способу. Четвертій же спосіб є найефективнішим так як дозволяє подрібнювати уламки породи рівно до потрібних розмірів та дозволяє вирішити проблему неправильної орієнтації уламків у прийомних воронках бункерів та дробарок.

Також встановлення додаткового дроблення у вигляді стаціонарних систем гідравлічного молота з маніпулятором має додаткові переваги:

- Знижує витрати часу на усунення затору;
- Дозволяє проводити ліквідацію негабариту без зупинок;
- Підвищує рівень безпеки праці так як робітникам не потрібно спускатися в небезпечну зону;
- Дозволяє одній машині обслуговувати декілька прийомних воронок за умови встановлення системи на рухому платформу;
- Дозволяє одному оператору обслуговувати декілька машин за допомогою відео зв'язку та безпроводних систем управління.
- Однак при встановленні стаціонарних систем гідравлічного молота з маніпулятором слід враховувати наступні фактори:
- Необхідна робоча зона;
- Додаткові динамічні навантаження, що буде надавати система;
- Твердість породи;
- Частота виникнення негабаритних уламків.

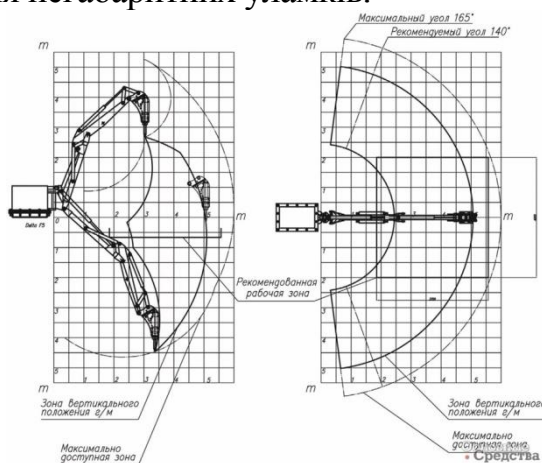


Рис.1. Схема робочої області стаціонарної системи гідравлічного молота з маніпулятором

С.О. Попов, Л.І. Новікова, керівник, викладач-методист спеціальних дисциплін вищої категорії
(Україна, Кривий Ріг, Криворізький технічний коледж НМетАУ)

ОБГРУНТУВАННЯ СПОСОБІВ ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ СТРІЧКИ ТА ЗМЕНШЕННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ

Машини та обладнання для переміщення насипних вантажів безперервним потоком, штучних з певним інтервалом називають машинами безперервної дії. До них відноситься стрічкові конвеєри. Ці машини широко застосовуються на заводах, фабриках, у гірничо-видобувній та металургійній промисловості, будівництві, сільському виробництві, та інших галузях для переміщення різних сипких (вугілля, руда, цемент, пісок, щебінь, земля, зерно) та поштучних (цегла, пиломатеріали, труби, балки, зливки, різні деталі) вантажів.

Досвід експлуатації стрічкових конвеєрів показує, що причинами коливань конвеєрної стрічки в горизонтальній площині є нерівномірне завантаження конвеєрної стрічки, дефекти конструкції спричинені особливостями монтажу або знос робочих елементів конвеєра. До дефектів монтажу відносять: викривлення рами стрічкового конвеєру, неякісне з'єднання стрічки, непаралельність осей приводного і натяжного барабанів, перекіс роlikоопор в горизонтальній і вертикальній площинах, відхилення роlikоопор від осі конвеєра, непрямолинійність стрічки в горизонтальній площині, несиметричність розподілу натягу по ширині конвеєрної стрічки тощо.

Нерівномірне навантаження стрічки, налипання вантажу на барабанах і роliках, неоднаковий опір обертанню бічних роlikоопор тощо. Ці дефекти носять випадковий характер і практично не піддаються корегуванню.

При дослідженні причин пошкоджень конвеєрних стрічок виявляється, що в середньому 13-15% від пошкоджень конвеєрних стрічок складає розшарування їх країв при терті стрічки по стойках роlikоопор та спрямовуючих обводів. Це призводить до втрати працездатності стрічок вже через 10-12 місяців їх роботи. Дорогу стрічку доводиться замінювати навіть маючи цілком працездатну її вантажонесучу частину. Тертя стрічки по бічних стойках конвеєра і викликане цим зношення її країв призводить до зменшення ширини стрічки, що впливає на показники продуктивності конвеєра та втрати вантажу через просипання його за краї полотна.

Тож за мету ставиться проаналізувати і вибрати найбільш сучасні і економічні способи підвищення довговічності стрічки в стрічковому конвеєрі.

Один із способів це є створення барабану спеціального профілю для стрічкового конвеєра. Барабани в стрічкових конвеєрах розрізняють: приводні, натяжні, відхиляючі, які слугують для зміни напрямку руху стрічки. Барабани зазвичай роблять литими з чавуну чи зварними із сталі Ст.3. Діаметр приводного барабана обирається з урахуванням конструктивних та фрикційних властивостей стрічки, її міцності. Приводні барабани передають крутний момент стрічці за

рахунок тертя. Барабани по конструкції можуть бути гладкими, точеними рис.5 наведені конструкції приводних барабанів стрічкових конвеєрів.

При довгих конвеєрах і великій продуктивності конвеєра для кращого зчеплення стрічки з поверхнею барабана і усунення її буксування приводний барабан футерують гумовотканинною стрічкою методом склеювання чи вулканізації.

Для забезпечення центрального переміщення стрічки розроблено нову конструкцію барабана для стрічкового конвеєра, Метою даного дослідження є обґрунтування центруючої здатності запропонованого барабана і визначення раціональних співвідношень його геометричних параметрів.

Висновки. Шляхом математичного моделювання науково обґрунтовано ефект центрування конвеєрної стрічки за допомогою барабана спеціального профілю, який забезпечує самоцентрування стрічки без застосування автоматизованих центруючих пристроїв. Запропоновано методику розрахунку раціональних конструктивних параметрів барабана спеціального профілю, яка дозволяє урахувати фактори, що впливають на поперечні зміщення стрічки. Запропонована конструкція барабанів, а також методика розрахунку конструктивних параметрів може використовуватися при проектуванні нових і модернізації існуючих стрічкових конвеєрів, що дозволить під час експлуатації підвищити довговічність конвеєрної стрічки і мінімізувати час позапланових простоїв обладнання.

Література:

1. Біліченко М.Я. Транспорт на гірничих підприємствах / М.Я. Біліченко, Г.Г. Півняк, О.О. Ренгевич // Підручник для вузів – Д. : НГУ, 2005. – 3-е вид.. – С. 636.
2. Барішев А.І. Расчеты и проектирование транспортных средств непрерывного действия / А.І. Барішев – Донецьк, 2005. – С. 689.
3. Ромакін Н.Є. Машины непрерывного транспорта / Н.Є. Ромакін – М. : Академия, 2008. – С. 432.
4. Н.Е. Конструкция и расчет конвейеров / Н.Е. Ромакін //Справочник – Старый Оскол, 2011. – С. 504.

УДК 621.88.087(03)

В. Ю. БІЛОНОЖКО, ст. викладач

(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

СУЧАСНИЙ СТАН ПРОБЛЕМИ КОНТРОЛЮ СИЛИ ЗАТЯЖКИ НАРІЗНИХ З'ЄДНАНЬ

Нарізні з'єднання набули широкого застосування в техніці. Це визначається їх безперечними перевагами: можливістю створення великої осьової сили, при невеликих зусиллях, які додаються до ключа (виграш в силі для кріпильних нарізів зазвичай становить 70-100 разів); можливістю фіксування деталей у довільному положенні; зручними формами і малими габаритами нарізних деталей; взаємозамінністю нарізних деталей в зв'язку із їх повною стандартизацією; відносною простотою конструкцією; можливістю їх

централізованого виготовлення, що здешевлює їх виробництво тощо [1, 2]. Надійність нарізного з'єднання, а отже і машини в цілому, залежить від правильності вибору зусилля затяжки.

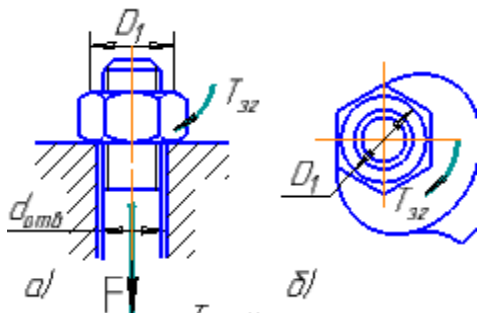


Рис. 1. Схема для визначення залежності між моментом загвинчування T_{32} , прикладеним до гайки, та осьовою силою F

Залежність між моментом загвинчування (затяжки) T_{32} , прикладеним до гайки, та осьовою силою стержні гвинта F (рис. 1) має такий вигляд:

$$T_{32} = 0,5Fd_2 \left[\left(\frac{D_{cp}}{d_2} \right) f + \operatorname{tg}(\psi + \varphi) \right] \quad (1)$$

де d_2 – середній діаметр нарізі; D_{cp} – середній діаметр опорного торця гайки $D_{cp} = (D_1 + d_{омб})/2$, $d_{омб}$ – діаметр отвору під гвинт; f – коефіцієнт тертя на торці гайки; ψ – кут підйому нарізі; φ – кут тертя в нарізі, $\varphi = \operatorname{arc} \operatorname{tg} f_{np}$ – де f_{np} – приведений коефіцієнт тертя в нарізі, при цьому $f_{np} = f/\cos\gamma$; при $\gamma = \alpha/2$ для метричної нарізі.

Для метричної нарізі з нормальним кроком $\psi \approx 2^\circ 30'$; $d_2 \approx 0,9d$; $D_{cp} \approx 1,4d$; $f \approx 0,15$ із формули (1) маємо більш просту залежність

$$T_{32} \approx 0,5Fd \quad (2)$$

де d – зовнішній діаметр нарізі.

Прийнявши розрахункову довжину гайкового ключа рівною $14d$ і порівнюючи момент на ключі, який створюється силою руки Q , до моменту T_{32} , дістанемо співвідношення між осьовою силою F і силою, прикладеною до ключа Q

$$14dQ \approx 0,2Fd. \quad (3)$$

Звідки

$$F \approx 70Q; \quad (4)$$

при $f \approx 0,1$

$$F \approx 100Q.$$

Таким чином, у кріпильних нарізах можна одержати осьову силу в стержні гвинта в 70...100 разів більшу, порівняно із силою руки на ключі.

В деяких випадках такий виграш в силі є не бажаним, так як при цьому можна пошкодити наріз або навіть розірвати стержень гвинта. Тому при проектуванні нарізних з'єднань машин необхідно забезпечити таку розрахункову силу затяжки, яка не руйнує стержень гвинта, але дає можливість повного використання резервів конструкційних матеріалів, не залишаючи значних запасів. При розрахунках міцності нарізних з'єднань враховуються як зовнішні навантаження, які діють в машині, так на внутрішні – наприклад, зусилля створювані кріпильними болтами. При розрахунках необхідного моменту затяжки спочатку визначається мінімально достатнє значення, достатнє щоб утримувати деталь в з'єднанні, а потім виходячи із мінімального зусилля і зовнішнього навантаження розрахувати його остаточне значення.

В практиці проектних та складальних робіт необхідний момент затяжки болтів (гайок) для кожного окремого випадку не розраховують, так як ці розрахунки раніше використовувалися неодноразово й будуть використовуватися ще багато разів. Тому для цього користуються раніше підготовленими таблицями, де наведено необхідний момент затяжки для різних видів з'єднання та різних діаметрів нарізі. Для використання цих таблиць необхідно розбиратися в маркуванні, яке нанесено на голівці болта.

На голівці болта звичайно нанесені такі позначки: клеймо заводу-виробника; клас міцності; права різь не маркується, якщо різь ліва - маркується стрілкою проти годинникової стрілки.

Для виробів з вуглецевої сталі, клас міцності позначають двома цифрами через крапку. Наприклад: 4.6; 8.8; 10.9; 12.9:

Перша цифра: позначає 0,01 номінальної величини границі міцності на розрив, виміряну в МПа. У разі класу 8.8 перша 8 позначає $8 \times 100 = 800 \text{ МПа} = 800 \text{ Н / мм}^2 = 80 \text{ кгс / мм}^2$. Друга цифра: це відношення границі текучості до границі міцності, помноженому на 10. З пари цифр можна дізнатися про границю текучості матеріалу $8 \times 8 \times 10 = 640 \text{ Н / мм}^2$. Наприклад, для класу 5.8: границя міцності на розрив дорівнює 500 Н / мм^2 , границя текучості дорівнює $5 \times 8 \times 10 = 400 \text{ Н / мм}^2$.

Значення границі текучості має важливе практичне значення, оскільки це і є максимальна робоче навантаження болта.

Для виробів з нержавіючої сталі наноситься маркування стали - А2 або А4 - і границя міцності - 50, 60, 70, 80, наприклад: А2-50, А4-80. Число в цій маркуванні означає - 1/10 відповідності границі міцності вуглецевої сталі.

Переклад одиниць вимірювання: $1 \text{ Па} = 1 \text{ Н / м}^2$; $1 \text{ МПа} = 1 \text{ Н / мм}^2 = 10 \text{ кгс / см}^2$.

Значення практичних моментів затяжки (Н*м) для стандартних метричних болтів і гайок з вуглецевої сталі М5-М39 класів міцності 4.6, 5.8, 4.6, 5.8, 8.8, 10.9, 12.9 наведені у таблиці 1 [3, 4]. При затягуванні болта до практичного моменту затяжки, у болта залишається запас міцності, достатній для того, щоб болт гарантовано не «потік». Зрозуміло, зовсім не обов'язково в кожному випадку затягувати всі з'єднання до цих значень. У переважній більшості випадків, дотягнувши цих значень, ви можете отримати ряд побічних проблем. Наприклад,

порвете або продавите прокладку, зроблену з більш м'якого матеріалу. Проте, наведені в таблиці практичні моменти затяжки для метричних болтів і гайок з вуглецевої сталі є допустимими. А рівень навантаження на з'єднання при цьому відповідає орієнтовно 60-70% границі текучості.

Таблиця 1-Практичні моменти затяжок болтів з вуглецевої сталі

Зовнішній діаметр нарізі / крок, мм	Клас міцності болтів				
	4,6	5,8	8,8	10,9	12,9
	момент затяжки, Н*м				
5/0.8	2,1	3,5	5,5	7,8	9,3
6/1.0	3,6	5,9	9,4	13,4	16,3
8/1.25	8,5	14,4	23,0	31,7	38,4
10/1.5	16,3	27,8	45,1	62,4	75,8
12/1.75	28,8	49,0	77,8	109,4	130,6
14/2.0	46,1	76,8	122,9	173,8	208,3
16/2.0	71,0	118,1	189,1	265,9	319,7
18/2.5	98,9	165,1	264,0	370,6	444,5
20/2.5	138,2	230,4	369,6	519,4	623,0
22/2.5	186,2	311,0	497,3	698,9	839,0
24/3.0	239,0	399,4	638,4	897,6	1075,2
27/3.0	345,6	576,0	922,6	1296,0	1555,2
30/3.5	472,3	786,2	1257,6	1766,4	2121,6
33/3.5	636,5	1056,0	1699,2	2380,8	2860,8
36/4.0	820,8	1363,2	2188,8	3081,6	3696,0
39/4.0	1056,0	1756,8	2820,2	3955,2	4742,4

В таблиці 2 наведені граничні моменти затяжки болтів і гайок. Вони є максимально допустимими і при перевищенні цих значень, з'єднання напевно буде зіпсоване – різь буде «зірвана».

Як видно із таблиць 1 та 2 числові значення моментів затяжки для різних нарізних з'єднань знаходяться в широкому діапазоні. При проектуванні будь-якої машини рекомендовані значення моменту затяжки необхідно забезпечити достатньо точно. Для цього необхідно мати засоби контролю величини сили затяжки, так як недостатня сила затяжки приводить до самовідгвинчування гвинта або гайки, а завищена сила затяжки може привести до руйнування гвинта, і як наслідок в обох випадках - руйнування вузла або навіть всієї машини. Якщо зусилля затяжки мале, то під дією змінного навантаження нарізне з'єднання швидко пошкодиться.

Якщо зусилля затяжки велике, процес затягування може привести до руйнування компонентів з'єднання. Отже необхідний постійний контроль крутного моменту на гайці. Тим більше, що масу та габарити сучасних машин можна знизити тільки при відсутності надлишкової міцності їх конструктивних елементів. Це вимагає більшої точності їх розрахунків, зменшення допусків в коефіцієнтах запасу міцності, збільшення точність складання та монтажу машин.

Таблиця 2-Граничні моменти затяжки для болтів (гайок)

Зовнішній діаметр нарізі / крок, мм	Клас міцності болта		
	8,8	10,9	12,9
	граничний момент затяжки, Н*м		
5/0.8	2,1	3,5	5,5
6/1.0	3,6	5,9	9,4
8/1.25	8,5	14,4	23,0
10/1.5	16,3	27,8	45,1
12/1.75	28,8	49,0	77,8
14/2.0	46,1	76,8	122,9
16/2.0	71,0	118,1	189,1
18/2.5	98,9	165,1	264,0
20/2.5	138,2	230,4	369,6
22/2.5	186,2	311,0	497,3
24/3.0	239,0	399,4	638,4
27/3.0	345,6	576,0	922,6
30/3.5	472,3	786,2	1257,6
33/3.5	636,5	1056,0	1699,2
36/4.0	820,8	1363,2	2188,8
39/4.0	1056,0	1756,8	2820,2

Основними силовими параметрами нарізних з'єднань для кріпильних деталей є мінімальне руйнівне навантаження та пробне навантаження. Останнє для болтів класів міцності 6.8 і вище становить 74-79% від мінімального руйнівного навантаження. Пробне навантаження є контрольною величиною, яку при випробуваннях повинна витримати стрижнева кріпильна деталь. Зусилля попереднього затягування (далі - зусилля затяжки), на яке виконується затягування нарізного сполучення приймається в межах 75-80%, в окремих випадках і 90%, від пробного навантаження. При цьому в пружно напружених елементах кріплення проявляється механізм пластичних деформацій, що веде до зменшення напруги в часі. За цієї причини зусилля затяжки з'єднання знижується без будь-яких додаткових силових впливів.

Пошкодження в нарізних з'єднаннях виникають, головним чином, із-за дії наступних факторів: неправильно підібрані компоненти з'єднання; недостатнє або перевищене зусилля затяжки; нерівномірний розподіл зусилля затяжки. У конструкторській документації вказується зусилля попереднього затягування або відповідне значення крутного моменту затягування.

У технічній документації вказується необхідне зусилля затяжки (кН). Однак, після декількох циклів розбирання та складання з'єднання при ремонті або після тривалої експлуатації відбудуться невраховані зміни в характеристиках нарізного сполучення. Крім того, при експлуатації на нарізне з'єднання впливають навантаження та вібрація, в результаті чого виникає ризик ослаблення з'єднання і як результат можлива аварія.

У машинобудуванні найбільшого поширення набули методи контролю зусилля затягування нарізних з'єднань, які базуються на вимірюванні: 1)

подовження болта (гвинта); 2) кута повороту гайки; 3) крутного моменту затягування гайки [5, 6, 7].

Контроль зусилля затягування по осьовому подовженню (деформації) стержня шпильки (болта) забезпечує найбільш точні результати. Контроль сили затягування за подовженням болта застосовують при перевірці затягування особливо відповідальних нарізних з'єднань — шатунових болтів, стяжних болтів, роторів компресорів тощо. Контроль сили затягування за видовженням болта здійснюють за різницею Δl бази вимірювання до і після затягування: $F_0 = \Delta l / \lambda_\sigma$, де λ_σ — податливість стержня болта.

Метод відрізняється тим, що зусилля затяжки прикладають не до гайки, а до шпильки (болта) із застосуванням тензорних домкратів та гідравлічних гайок. Використання цього методу забезпечує одержання найбільш точних результатів. Контроль сили затягування за подовженням болта застосовують при перевірці затягування особливо відповідальних різьбових з'єднань — шатунових болтів, стяжних болтів, роторів компресорів тощо.



Рис. 1. Тензорний домкрат (шпильконатяжитель)

Метод полягає в попередньому розтягуванні болта (шпильки) на величину Δl із зусиллям, рівним необхідному зусиллю затяжки, наступним закручуванням гайки від руки до упору в опорну поверхню і зняттям навантаження з болта скиданням гідравлічного тиску. Після чого з'єднання отримує заданий зусилля затяжки. Шпилька (болт) повинні виступати над гайкою не менше ніж на $0,8d$, де d - діаметр шпильки. Для більшої точності рекомендується докладати зусилля до болта і загвинчувати гайку двічі. При першому навантаженні досягається компенсація зазорів, деформація мікронерівностей поверхонь і рівномірний розподіл навантаження. Друге навантаження забезпечує необхідну точність кінцевого зусилля затяжки з'єднання.



Рис. 2. Гідравлічна гайка

Зусилля затяжки визначають по осьовому подовженню (деформації) стержня шпильки (болта). Щоб уникнути появи пластичних деформацій (залишкового видовження і скручування) верхню межу напруження затягування обмежують значенням мінімально допустимого коефіцієнта запасу міцності, відповідно до постійного напруження $n_m = \sigma_T / \beta \xi \sigma_0$, де: ξ — коефіцієнт, що враховує форму стержня болта; β — коефіцієнт приведення, що враховує закручування стержня болта. Тут $\sigma_0 = F / A$ — напруження від попереднього затягування (F_0 — сила затягування; A — площа поперечного перерізу шпильки).

Основною перевагою такого способу затягування є відсутність втрат на тертя із спряженою поверхнею і в нарізі. При цьому до 70% прикладеного зусилля витрачаються на здійснення корисної роботи по затягуванню нарізного з'єднання;

близько 30% втрачається на деформацію микронерівностей поверхонь, що сполучаються, та витків нарізі, усадку та ін.

Для коротких болтів і болтів середньої довжини ($l < 6d$) подовження не перевищує 20 ...60 мкм. Щоб уникнути значних похибок вимірювання в цьому випадку слід враховувати деформацію болта в межах нарізі, додаючи до розрахункової довжини $1/3$ висоти гайки, а для коротких шпильок – додають також деформацію стрижня шпильки в межах довжини загвинчування. При використанні довгих болтів (шпильок) можна вимірювати зміну відстані при затягуванні між кінцем болта і корпусом, застосовуючи для цього індикатори або шаблони [5].

Метод попереднього осьового розтягування шпильки (болта) із застосуванням гідравлічних тензорних домкратів забезпечує високу якість складання з'єднання: точність зусилля затяжки, рівномірність прикладення зусилля, синхронність затягування складних з'єднань. Цей метод затягування найбільш підходить до тих з'єднань, до яких високі вимоги до точності і до якості одержуваного з'єднання.



Рис. 3.
Гідравлічний
гайковерт

Метод прикладання крутного моменту є найбільш поширеним. Метод полягає в створенні на гайці (болті) крутного моменту (момента сили), що забезпечує необхідне зусилля затяжки. Крутний момент побічно характеризує величину зусилля затяжки. Для правильно сконструйованого з'єднання і при контролі крутного моменту, цей метод є задовільним в більшості випадків.

Необхідний момент затяжки конкретного з'єднання залежить від декількох змінних: коефіцієнта тертя між гайкою і шпилькою; коефіцієнта тертя між поверхнею гайки і поверхнею деталі; якості і геометрії нарізі, класу міцності болта. Найбільше значення має тертя в нарізі між гайкою і шпилькою, а також між гайкою і деталлю. При практично сухому терті, грубій по-поверхні і усадку матеріалу, втрати на тертя можуть бути такими великими, що безпосередньо на момент затягування з'єднання залишиться не більше 10% моменту, що прикладається до гайки (гвинта). Решта 90% моменту йдуть на подолання опору тертя і усадку матеріалу. Таким чином, хоча з'єднання буде вважатися затягнутим, таким воно бути не буде. Система гайковерта буде показувати необхідний момент, але необхідне зусилля затяжки з'єднання не буде досягнуто. Коефіцієнт тертя можна знизити, використовуючи мастило, але не надмірно, тому що при цьому виникає небезпека перевищення зусилля затяжки, що може привести до руйнування шпильки.

Головна перевага цього методу в тому, що для його здійснення існує велика номенклатура професійного інструменту з ручним, пневматичним, гідравлічним та електричним приводом: гайковерти гідравлічні і пневматичні; динамометричні ключі; мультиплікатори крутного моменту - ручні, пневматичні, електричні.

У відповідальних нарізних з'єднаннях необхідні прямі і точніші методи визначення зусилля затягування, які сприяють зниженню величини відхилення граничного зусилля затяжки від номінального. Ці методи засновані або на

безпосередньому контролі зусилля затяжки, або на контролі кута повороту гайки, або на вимірюванні величини розтягування шпильки.

Для відкручування гайок необхідно мати крутний момент в 1,3-1,5 більшої величини, ніж при затягуванні. Це пояснюється корозією нарізного з'єднання, взаємним проникненням матеріалів болта і гайки в зоні нарізі під дією тривалого навантаження.

При відкручуванні корозійних або зафарбованих з'єднань потрібний інструмент з моментом до 2 разів більшим, ніж при затяжці. У таких випадках краще використовувати спеціальні засоби для руйнування продуктів корозії. Це знизить тертя, і, відповідно, сили, що впливають на інструмент, продовжуючи його ресурс. Загальне правило вибору крутного моменту інструменту з 30% запасом як мінімум. У безнадійних ситуаціях слід використовувати спеціальний інструмент для видалення гайки - гідравлічні гайкорізи.

Для монтажу і демонтажу шпилькових з'єднань застосовуються шпильковерти.

Для підвищення продуктивності і полегшення праці при роботі з ручним інструментом, особливо з важким, і при роботі на поточних лініях використовуються пружинні балансири. Діючи як противаги, вони звільняють оператора від важкої, виснажливої роботи, економлять робочий простір, запобігають аварійні ситуації. Застосовуються для підвішування, центрування, переміщення, фіксування ручного інструменту і різних деталей.

Література:

1. Рудь Ю. С. *Основи конструювання машин: Підручник для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів.* - 2-е вид., переробл. / Ю. С. Рудь. - Кривий Ріг: Видавець ФО-П Чернявський Д. О., 2015. – 492 с.
2. Биргер И. А. *Расчет на прочность деталей машин* / И. А. Биргер, Г. Б. Иосилевич. – М.: Машиностроение, 1993. – 640 с.
3. РД 37.001.131-89 *Затяжка резьбовых соединений. Нормы затяжки и технические требования.* Дата введения 1990-07-01.
4. Білоножко В.Ю. *Методи забезпечення стабільності затяжки нарізних з'єднань / «Актуальні питання проблеми створення та експлуатації технічних систем-2017».* - Матеріали конференції молодих вчених та студентів. - 21.04.2017. - С. 94-98.
5. Иосилевич Г. Б. *Затяжка и стопорение резьбовых соединений* / Г. Б. Иосилевич, Г. Б. Строганов, Ю. В. Шарловский. – М.: Машиностроение, 1986. – 224 с.
6. <http://www.enerprom.ru/article/Metody-zatyazhki-rezbovogo-soedineniya>.
7. Копей Б.В. *Затягування різьбових з'єднань та способи контролю моменту згвинчування насосних штаг* / Б.В. Копей, В.В. Михайлюк Лисканич М.В. - *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ.* - 2007. - № 3(24).

Секція 7. Інноваційні технології в машинобудуванні та на транспорті. CAD/CAM/CAE та CALS-технології у машинобудуванні

UDC 621

Bondar O.V. (Ukraine, Kryvyi Rih, Kryvyi Rih National University)

USING OF AUTOMATIC PROJECTING SYSTEM POSSIBILITIES FOR ENTERPRISES AND TECHNICAL DISCIPLINES INTENSIFICATION

From day to day we can observe the swift development of APS in all branches of machine-building: for designing and technological works, for different complex calculations. World modern practice of designing-projecting work has been constructed on using so programmer products, which permit to solve the determined tasks fast and efficiently. That is why the maximal using of APS while educational process is very actual for students in walkthrough automated projecting, making drawings, three-dimensional product models creating and assembling process, equipment projecting, etc. For such determined tasks we have chosen the licensed software Power Solution Delcam Plc Co (Autodesk) for designing-technological producing preparation automatization.

The main idea of such a computer designing is the following: using the PC to create space geometric model of a necessary product. The projected model can be used for the further solving of many spectral designing-technological designing namely: designing studying; drawings output; equipment designing; leading programmes for NPC machines working out, etc.

Having analyzed such programmes use at teaching process we can single out two main areas of their implementation: training of specialists “Engineering mechanics” according to traditional teaching programmes, but using of APS methods; using of APS programmes by the higher educational institutions teachers for creating of electronics displaying patterns at lecturing and virtual simulators in lab and practical classes. The necessary qualification indication for specialists and masters is being modern APS methods user.

The most effective one is walkthrough computer training practice. Its main aim is to form students gradual and consecutive APS work experience with the necessary using the latter during calculating – graphics tasks. For ex: while learning the Power Shape Programme by the “Machine Building Technology” speciality. Students get the devices and technological processes projecting tasks as follows: a student gets hard copies in the three – details conditions and sub-assembly unit, works the working design documentation out, and then creates 3-D models; having chosen the optional designing variant he works the leading programme out for the NPS machine; makes the technological equipment, etc. APS programmes are widely used at enterprises to organize the manufacture preparing: in particular respond quickly to the market changes, to modernize the production, to improve its quality at minimal expense and time. Thus, using APS at the educational process allows to train a highly-qualified specialist, capable to cope with different programming products and to apply them in industry.

Медвідь Ю. В., Лукань Т. В., Онисько О.Р.

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

АВТОМАТИЗОВАНИЙ АЛГОРИТМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ПОВЗДОВЖНІХ ЗМІЩЕНЬ ПРОФІЛЮ РІЗЦЯ ДЛЯ ТОЧІННЯ КОНІЧНИХ ЗАМКОВИХ НАРІЗЕЙ

Проблема несиметричності профілю нарізі внаслідок застосування ненульового значення переднього статичного кута у вершинній точці нарізевого різця торкається у першу чергу нарізей зі значними вимогами щодо точності їх профілю. Для конічних замкових нарізей точність половинного профільного кута становить $0,5^\circ$. Отже актуальною є задача створити програму для автоматичного розрахунку відхилю від номіналу половинного кута внаслідок неодновременного виконання профілю нарізі різцями із ненульовим значенням переднього кута.

Конічні замкові нарізі застосовують для з'єднань елементів бурильних колон. Ефективність замків значною мірою залежить від точності виконання нарізі. У технологічному процесі виготовлення нарізей бурильних замків застосовують токарні верстати із ЧПК. Сучасні токарні нарізові різці для виготовлення замкових нарізей містять твердосплавні пластинки у яких передбачено тільки нульове значення статичного переднього кута у вершинній точці. Це вочевидь пов'язано із явищами викривлення профілю нарізі у разі застосування ненульового значення переднього кута. З іншого боку для уможливлення виконувати замки із сучасних матеріалів слід застосовувати різці із відмінним від нуля значенням переднього кута.

У роботах [1,2] досліджують вплив величини переднього статичного кута на значення повздовжніх відхилень Δ . На рис. 1 проілюстровано профіль різальної кромки різця $1b''a''k''2$, який є побудований на основі проекції передньої площини $j''b''a''k''$. Для виконання заданого симетричного профілю нарізі *dabe* слід застосувати відкоректовану на величину повздовжнього відхилення Δ несиметричну форму різальної кромки. Розрахунок Δ_i кожної i -точки з масиву точок правого і лівого боку форми різальної кромки ведеться за формулою, що запропонована у [Родін]:

$$\Delta_i = P\tau/360 \text{ мм}, \quad (1)$$

де

$$\tau = \gamma - \arctg \left(\frac{r \cdot \sin \gamma}{r_i \sqrt{1 - \left(\frac{r \cdot \sin \gamma}{r_i} \right)^2}} \right), \quad (2)$$

γ — передній кут нарізевого різця, рад;

r — внутрішній радіус нарізі, мм;
 r_i — радіус певної точки профілю нарізі, мм.

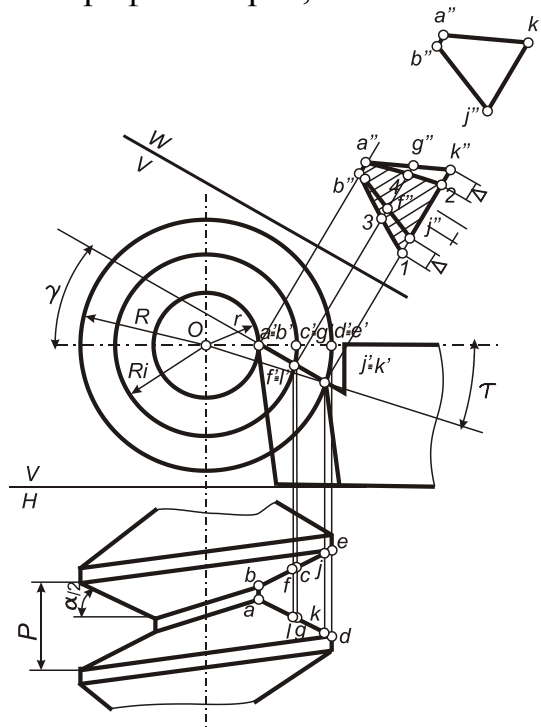


Рис.1. Корекція форми різальної кромки різьбового різця з урахуванням повздожнього відхилення

У роботах [3] автори на прикладі конкретних розрахунків доводять про незначні впливи величини переднього кута на відхилення від профільного кута нарізі. У той сам час у роботах [] така думка стосовно нарізей у трубах нафтогазового профілю викликає сумніви. Оскільки згідно із діючим стандартом ГОСТ 28467–90 «Резьба коническая замковая для элементов буровых колонн» відхилення від номіналу вказаного параметру $\alpha = 30^\circ$ становить $\pm 30'$, то очевидно варто провести дослідження величини відхилень від профілю для конічних замкових нарізей.

Постановка задачі полягає у створенні прикладної програми для автоматизованого розрахунку повздожніх відхилів і відхилів від номінального значення кута профілю замкової нарізі.

У розроблені прикладній програмі забезпечено можливість дослідити вплив переднього кута на лінійні та кутові відхили у замкових нарізях усіх представлених у ГОСТ 28467–90 типорозмірів. В основі розрахунків використано формули (1, 2).

На рис.2 представлено результати автоматичних відхилень.

Стовпець 1 вказує на величину α мм, стовпець 2 вказує на отримані значення $\alpha 2^\circ$, стовпець 3 вказує на значення переднього кута γ° , стовпець 4 вказує на відстань від торця нарізі мм, у стовпці 5 показано для якого типорозміру конічної замкової нарізі проведено розрахунок. Величини передніх кутів підбрано на основі рекомендацій [3,4,5] щодо нарізоточіння замкових нарізей, що виготовляють із перспективних матеріалів.

лін. відх.	проф.кут	перед.кут	відст	розмір нарізі
-0,0175	29,80000	-5	6	3-65 аналог NC-23
-0,0175	29,80000	-5	60	3-65 аналог NC-23
-0,0105	29,90000	-3	60	3-65 аналог NC-23
-0,0105	29,90000	-3	6	3-65 аналог NC-23
-0,0063	29,90000	-3	6	3-108 аналог NC-40 (4FN)
-0,0105	29,90000	-5	6	3-108 аналог NC-40 (4FN)
-0,0059	30,00000	-5	6	3-203 аналог NC-77
-0,0059	30,00000	-5	60	3-203 аналог NC-77
-0,0155	29,80000	-5	60	3-30 NC10
-0,0155	29,80000	-5	6	3-30 NC10

Рис.2. Результати автоматизованих розрахунків прикладної програми

В останньому рядку половинний кут становить $29,8^\circ$, при номіналі 30° з точністю $\pm 0,5^\circ$. Отже за цими даними у процесі точіння наперед передбачене теоретичне відхилення від номіналу на 40% від заданого допуску.

На основі аналізу отриманих результатів автори зробили наступні висновки:

1. Для конічних замкових замкових нарізей великих діаметрів (3-203) величина переднього кута не робить суттєвого впливу на точність кута профілю.
2. Конічні замкові нарізі малих діаметрів (3-30 ...3-65) зазнають суттєвого впливу величини переднього кута різця на точність виконання половинного кута профілю.

Література:

1. Родин П.Р. *Металлорежущие инструменты* [текст]: учебник для студентов машиностроительных вузов / П.Р.Родин. К.: Вища школа, 1986. – 456 с.
2. Онисько О. Р. Програмна реалізація розрахунку форми різальної кромки різьбового різця залежно від значення величини його переднього кута та діаметр різьби [Текст] / О. Р. Онисько, Л. О. Боруцак, С. О. Рязанов // Вісник національного університету « Львівська політехніка ». Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль у машинобудуванні та приладобудуванні. – 2013. – №772. – С. 129-134.
3. Медвідь Ю.В., Моделювання різальної частини різця для обробки конічної нарізі у нафтогазо-вих трубах / Ю.В. Медвідь, Т.В. Лукань, Л.Д. Пітулей// Матеріали Міжнародної науково- технічної конференції Машинобудування очима молодих: прогресив-ні ідеї- наука-виробництво 31 жовтня- 02 листопада 2018р.
4. Фомин Е. В. Повышение стойкости и точности резьбовых резцов на основе моделирования процесса резьбонарезания [Текст]: дис. ... канд. техн. наук : 05.03.01 : защищена 22.03.07 : утв. 24.09.07 / Фомин Евгений Владимирович – М., 2007. – 206 с. – Библиогр.: с. 194–202.
5. Медвідь Ю.В. Теоретичний аналіз забезпечення точності профілю замкової нарізі виготовленої різцями із загальним положенням передньої поверхні та заданою точністю її встановлення[Текст]/Ю. В. Медвідь, О. Р. Онисько , В.Г. Панчук // Збірник наукових праць VII-ої Міжнародної науково-технічної конференції «Прогресивні технології в машинобудуванні». – 2018. –С. 96-100.

Хорольський А.І., Бондар О.В., канд.техн.наук, доц.
(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

ВІДНОВЛЕННЯ ЗУБЧАСТИХ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛІ ВАЛ-ШЕСТЕРНЯ

З урахуванням сучасних тенденцій розвитку машинобудування та прагнення до зменшення собівартості виробництва питання про зменшення собівартості виготовлення і збільшення довговічності деталі є досить актуальним. А також збільшення робочих тисків, швидкостей, температури призводять до прискорення зношування деталей, і в поєднанні з необхідністю автоматизації виробництва, роблять проблему підвищення довговічності швидкозношуваних вузлів машин ще більш гострою.

Деталь, що має зубчасті поверхні, при роботі зазнає циклічні і динамічні навантаження, що призводять до руйнування робочих поверхонь. Відомо, що плавна робота зубчастої передачі може бути забезпечена тільки при постійному передавальному відношенні, але через похибки виготовлення і похибок, пов'язаних з експлуатацією, наприклад, деформацією зубців, величина передавального числа в кожен момент часу не залишається постійною. Причому, негативний вплив надають додаткові динамічні навантаження - удари. Деформація зубчастих коліс, а також похибки виготовлення призводять до нерівномірності розподілу навантаження по ширині зубчастого вінця. При докладанні навантаження за рахунок деформації деталей, осі зубчастих коліс повертаються, утворюючи кут перекосу.

У результаті цього рівномірність розподілу навантаження по ширині зубчастого вінця порушується, інтенсивність руйнування збільшується з ростом величини напружень в місці зіткнення зубців.

До основних факторів втрати працездатності зубців відносяться:

- поломка зубців внаслідок перевантажень, що виникають при перекосі осей або неточності виготовлення;
- лущення і утомлююче викришування робочої поверхні зубів, причинами появи яких є утомленість робочих поверхонь зубів через багаторазову механічну перенапругу металу в зоні початкових кіл, а також, наприклад, зниженої в'язкості масла;
- заїдання (задір) робочих поверхонь зубів, поступовий знос, який відбувається при попаданні металевих і абразивних частинок, а також при малій в'язкості масла і недостатньою твердості зубів;
- зношування зубів по товщині і довжині, а також зношування посадочних місць, шліцевих отворів і шпонкових канавок;
- тріщини на маточинах, що виникають в більшості випадків в результаті перевантаження зубів при порушенні вимог експлуатації машини;
- завал зубів на бік в результаті пластичних деформацій.

Відновлення шестерень в основному проводиться за двома технологіями: виготовлення зубів і ремонт наплавленням зношеної частини профілю зуба.

Зношені зуби відновлюють наступними способами:

- Заміна частини деталі (наприклад, при ремонті блоків шестерень); при цьому способі перед відновленням зубчасте колесо відпалюють для полегшення механічної обробки, зубці колеса обточують, на обточений обід колеса напресовують заготовку вінця, зварюванням з'єднують її по всій торцевій поверхні, обточують до необхідних розмірів, нарізають зубці під заданий розмір і проводять загартування. У випадках, коли кількість зубів, що підлягають ремонту, не більше 8% від загального їх числа, за місцем попередньо видаленого зуба ввертають і заварюють шпильки або на місці видаленого зуба обробляють паз, в який вставляють шип, закріплений шпилькою та зварюванням, і обробляють під заданий розмір начорно і начисто;

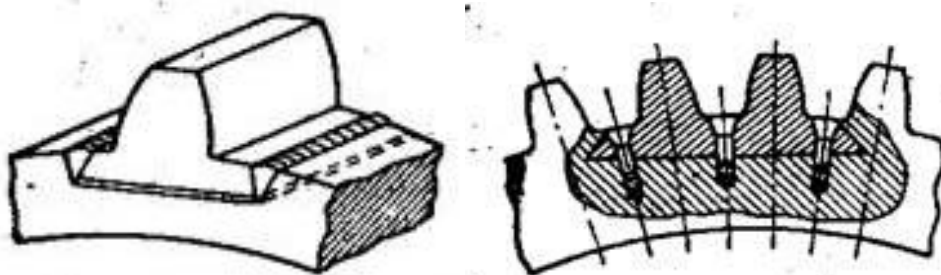


Рис. 1 Відновлення зубів

- Наплавленням можна відновлювати сильно зношені зубчасті колеса, при цьому забезпечує також отримання нових властивостей поверхонь: корозійної, ерозійної, зносостійкості та ін. Покриття, отримані наплавленням, характеризуються відсутністю пор, високим значеннями модуля пружності і міцності на розрив. Міцність з'єднання цих покриттів з основою порівнянна з міцністю матеріалу деталі. Способи наплавлення ділять на групи в залежності від видів застосовуваних джерел тепла, характеру легування і способу захисту формується покриття від впливу кисню та азоту повітря. Найбільшого поширення в ремонті машин отримало електродугове наплавлення, яке дає можливість отримувати шари з високою продуктивністю практично будь-якої товщини, різного хімічного складу і з високими фізико-механічними властивостями: електродугове під шаром флюсу, електродугове в середовищі діоксиду вуглецю, електродугове в середовищі аргону, вібро-дугове та ін.

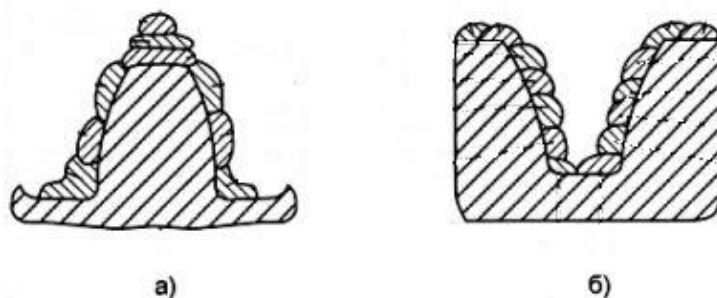


Рис. 2 Наплавлення зубів (а – вершина зуба; б – впадина зуба)

• Пластичним деформуванням ремонтують зношені зубці на невеликих зубчастих колесах із суцільним диском, для чого їх нагрівають до температури 800-900⁰С і здійснюють осадку або роздачу. Вдавлення застосовують при ремонті невеликих за шириною циліндричних зубчастих коліс зі зношеними за профілем зубцями, якщо немає поламаних зубців, тріщин на ободі і маточині, і є запас металу на вінці. Для цього використовують спеціальні штампи для видавлення металу вінця. Технологічний процес ремонту в цьому випадку наступний: зубчасті колеса нагрівають і подають до пресу, спресовують в штампі, обпалюють в печі, охолоджені зубчасті колеса миють, роблять контроль розмірів, направляють на механічну обробку, здійснюють термообробку, загартовують, миють, очищають від залишків селітри й окалини. Проводять контроль якості поверхонь, твердості зуба, розмірів, відсутність задирок, биття вінця;

Таким чином виходячи із перерахованих вище методів відновлення деталі вал-шестерня, необхідно виявити характер пошкодження, враховуючи при цьому технічні характеристики пошкодженої зубчастої передачі. І вже виходячи із самого характеру пошкодження використовувати необхідний метод для відновлення зубця вал-шестерні з урахуванням економічних показників.

Література:

1. Федоренко М.А. Восстановление крупногабаритных зубчатых зацеплений приставным фрезерным станочным модулем.

2. М.А. Федоренко, А.Г. Схиртладзе. – Ремонт, восстановление, модернизация.

UDC 378.147

Demida Nataliia, student of Mechanical and Machine Engineering Faculty
Zotova-Sadylo Olena, PhD in Education, Associate Professor of Foreign Language Department
(Kryvyi Rih National University, Kryvyi Rih, Ukraine)

LIBERAL LEARNING AS A PART OF CAREER-ORIENTED EDUCATION: INCENTIVES AND MOTIVES

Liberal Education is an approach to learning that empowers individuals and prepares them to deal with complexity, diversity, and change. It provides students with broad knowledge of the wider world (e.g. science, culture, and society) as well as in-depth study in a specific area of interest. A liberal education helps humanitarian and engineering students develop a sense of social responsibility, as well as strong and transferable intellectual and practical skills such as communication, analytical and problem-solving skills, and a demonstrated ability to apply knowledge and skills in real-world settings.

The fairly acute problem of humanitarian and engineering students training has required a collaboration of specialists in the various areas of science. Modern philosophical conception of higher education liberalization raises the possibility of integrating scientific researches on a broad range of sciences into teaching the humanitarian disciplines including for the purposes engineering students training.

Is it really important to teach the social and human sciences for engineering students? The practice of many successful engineers, IT specialists and businessmen shows that substantive knowledge in philosophy, psychology, languages, literature has provided a framework for their future improving in narrow specialization. In particular, Mark Zuckerberg, a computer scientist and software developer, the creator of Facebook is proficient in several classical languages. His passion for classical works has stayed with him since then. On his college application, he said that he could read and write Hebrew, Latin, and ancient Greek, all of which are classical languages [1]. Indra Nooyi, CEO of PepsiCo has achieved a Bachelor Degree in Arts and Science. It has begun profound background to Master Degree of Business Administration at Yale School Administration [2].

Let us apply to our national education history of XIX – XX centuries. Analysis has shown that a graduating student of technical (non-liberal) higher educational establishment spoke several foreign languages, played some musical instruments and was competent in the field of etiquette. Exactly the proper culture and education level enabled a young man to have high enough social status in society [3]. Consequently, if the national higher education system has aimed to prepare high class specialists there is a necessity to renew a liberal education and profession curriculum cardinally. One of the means to address this important challenge has been through the development of integrated courses.

Most modern scientists are convinced that liberal learning must be based on interdisciplinary and integrative approaches to provide both a successful career and «a man and social environment diagnostic ability» (by O.I. Sknar) [4, p. 67]. The meaningful result of well-organized liberal learning should be the emergence of a specialist who possesses profound knowledge and personal characteristics like “creativity, humanity, intelligence self-sufficiency” at the work market (by G.S.Tarasenko and B.I. Nesterovich) [5, p. 13]. The challenge is how to motivate the students to study humanitarian disciplines properly.

What really meaningful for the students is that they should aware the correlation between knowledge and skills they got at university and their efficiency in business activity in achieving future career success. On these bases student’s will to self-development and self-improvement is relied on. In psychology “will” is primarily interpreted like “initial motive” and “experience of need” to achieve the goal [6, p. 355].

So primary task for the lecturer is to create the motives and bright external incentives to aspire the student learning humanitarian disciplines, in particular, Native and Foreign Languages, Psychology and appropriate special courses. Motivation is considered to be oriented towards personal needs. To ensure successful activity an external incentive should provoke an adequate inner stimulant or a motive which is an internal reason of a person’s activity [7].

Let us go to significant external incentives contributed to effective response to the priority needs of students.

From our perspective they can be:

- well-considered promotion and agitation of proficiency, for example, in business communication;

- applying individually oriented approaches to educational process;
- psychological support and comfortable working relationships with the lecturer;
- demonstration of financial and material perspective in the future career.

External incentives can be established within the context of coherent educational environment of higher educational establishment both during classroom tutorials and extracurricular activity. We have experienced in promotion of special course “Business Professional Communication”. We organized promotion actions aimed to provoke the willing and necessity of the students to develop and improve their skills of business communication in native and foreign languages. The promotion action has been realized through complex educational and methodical work: promo lectures as for the subject, goals, objectives of the special course, communicative trainings for students and lecturers, thematic briefings and press-conferences involving gradulators achieved success in their careers, debates, public meeting of a discussion club, PR-company in imbedded media, presentations at students conferences and so on. A unique possibility to popularize optional special courses and elective courses is a special edition of “Informational Catalogue”, which targets to provide the students with the information about courses’ content. In the contemporary context of sufficient shortening of students’ number but educational market supply has been unchanged (this is partly due to demographic crisis in the 1990s) the healthy competition has occurred including among the elective courses. To engage students in studying optional special courses it is worth motivating them and providing the necessary information about functional role of the discipline in future career.

The development of self-improving and self-educating incentives is determined by the motive to be educated in general. To manage it the lecturer must define the goal clearly – to provoke interest and willingness in studying independently. The necessity should be formed in predictable circumstances, in particular, the students are given a specific topic of interactive lecture or a seminar. They should be provided with the list of appropriate literature, which includes professional oriented interesting material in the context of professional business communication.

The students more interested in other disciplines could be motivated to search information in regard to the defined topic in their favorite science. It is important to build up education system so that integration of liberal learning into professional field will become an efficient instrument to obtain necessary knowledge, skills and competences of professional business communication.

References:

1. Mark Zuckerberg Biography. Retrieved from: <https://www.biography.com/people/mark-zuckerberg-507402>
2. Jeff Schmitt Executive Q&A: PepsiCo CEO Indra Nooyi. *Poems and Quants*. 3 September, 2017. Retrieved from: <https://www.forbes.com/profile/indra-nooyi/>
3. Евменова Л.Н. Духовно-нравственная подготовка инженеров в вузе. *Новая университетская жизнь: периодическое издание Сибирского Федерального университета*. СФУ, 2010. № 11. С.14.
4. Снар О.І. Сучасні проблеми психолого-педагогічної підготовки фахівців соціально-культурної сфери. *Вища школа : наук.-практ. журн.* 2001. №1. С.62-76.
5. Тарасенко Г.С. Аксіологічний підхід до інтеграції мистецьких дисциплін . *Вісник Житомирського державного університету імені І. Франка*. 2005. №21. С.12-15.

6. Психологічний тлумачний словник найсучасніших термінів [В.Б.Шапар, В.О.Олефір, А.С.Куфлієвський та ін.]. Х. : Прапор, 2009. – 672с.
7. Щукина Г. И.. Проблема познавательного интереса в педагогике. - М.: Педагогика, 1971.- С. 33-46.

УДК 681.518

Н.В., Деміда магістрант, М.В. Кіяновський, докт.техн.наук.,проф.
(Україна, Кривий Ріг Криворізький національний університет)

СТАБІЛІЗАЦІЯ ПОЛОЖЕННЯ ОСІ РОБОЧИХ ОРГАНІВ РОТОРНОЇ МАШИНИ ЗА РАХУНОК МОДЕРНІЗАЦІЇ ОПОРНОЇ ПОВЕРХНІ ПІДШИПНИКА

У даній статті розглянуті проблеми забезпечення суміщення осей елементів роторних механізмів, а саме ротора та опор ковзання. Проаналізовані характерні особливості підшипника ковзання, з врахуванням специфіки його роботи в механізмі. Аналітично встановлюються загальні властивості мастильного шару, його стан під час навантажень на підшипник ковзання. Запропоновано у якості вирішення проблеми стабілізації положення осі валу з віссю підшипника спеціальна форма вкладиша підшипникової опори, що сприятиме зменшенню величини ексцентриситету, не допускаючи негативних явищ на підшипник при різних ступенях навантаження.

На сьогодні проблема зміщення осі обертання ротора від осі підшипника ковзання залишається однією з найважливіших задач сучасного машинобудування. Це так званий ексцентриситет, який виникає при русі роторних машин під дією динамічних сил. Під час роботи машин, ланки їх механізмів рухаються з прискоренням, в результаті чого виникають динамічні сили (сили інерції), які викликають великі, часом дуже суттєві, навантаження та створюють додаткові напруження у таких кінематичних парах, як ротор та підшипник ковзання, а також збільшують тертя і знос їх елементів. При перенавантаженнях чи досягненні граничного зношення поверхонь тертя підшипника ковзання відбувається зміщення осі ротора від осі підшипника, що спричиняє збільшення амплітуд автоколивань, порушується режим нормального мащення і рідинне тертя переходить в граничне або навіть сухе. Це приводить до різкого підвищення температури і зниження в'язкості мастила. У сполученні створюються сприятливі умови для інтенсивного розвитку різних видів зношення, і в першу чергу зношення унаслідок заїдання [1].

Значне збільшення зазорів приводить до появи ударних навантажень, які також сприяють збільшенню швидкості зношенню, або навіть до поломок окремих деталей і виходу машини з ладу .

Вказані фактори значною мірою впливають на надійну роботу роторної машини, зменшуючи її експлуатаційний термін. Таким чином, вивченню впливу ексцентриситету на параметри машини необхідно приділити значну увагу.

Основною задачею цієї статті є дослідження динаміки деталей роторних машин, а саме забезпечення стабілізації положення осі ротора відносно осі опори ковзання, враховуючи різного роду навантаження в механізмі.

Підшипники ковзання є невід'ємною частиною багатьох великих і дуже відповідальних агрегатів, вони широко застосовуються в енергетичному обладнанні, потужних насосах, компресорах, електродвигунах. Підшипники двигуна функціонують як гідродинамічні підшипники, в яких за допомогою ротора виникає гідродинамічна сила. Гідродинамічна сила створює тиск для мастильної рідини, що протікає між ротором і поверхнею підшипника. Тиск не дозволяє ротору стикатися з поверхнею підшипника, оскільки він діє в напрямку, протилежному напрямку зовнішнього навантаження. Поверхні розділені масляною плівкою, яка безперервно видавлюється через зазор між ротором і підшипником.

Завантажений підшипник, який обертається, завжди зміщений від концентричного положення, утворює мастильний зазор (клин) між ротором і поверхнями підшипника (рис.1). Наявність мастильного клину є обов'язковою умовою нормальної роботи гідродинамічного підшипника.

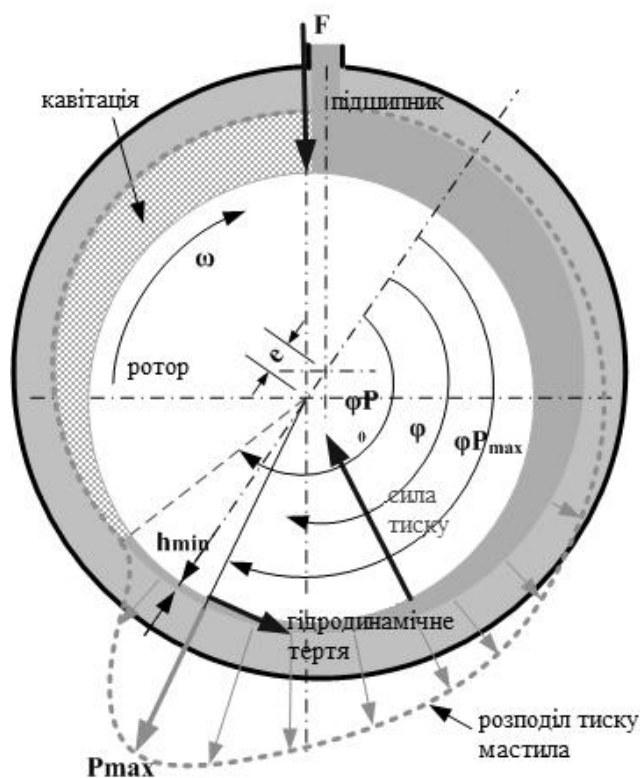


Рис.1. Розподілення сил в підшипнику ковзання

Як видно з рис.1, тиск в мастильній плівці нерівномірно розподілений по поверхні підшипника. Розподіл має пік, близький до місця розташування мінімальної товщини мастильної плівки. Значення піку залежить від середнього навантаження, прикладеного до підшипника, швидкості обертання ротору, в'язкості мастильного матеріалу і значення ексцентриситету ϵ ротора щодо підшипника. Чим більше центр ротора зміщується від центру підшипника, тим

вище гідродинамічна сила, створювана ротором. Таким чином, ексцентриситет є основоположним параметром підшипника ковзання.

На рис.2 зображено поперечний переріз підшипника ковзання, для наочності в якому показані дуже великі зазори. Ротор, показаний на малюнку окружністю, виділеною потовщеною лінією, обертається в зазорі в напрямку за годинниковою стрілкою.

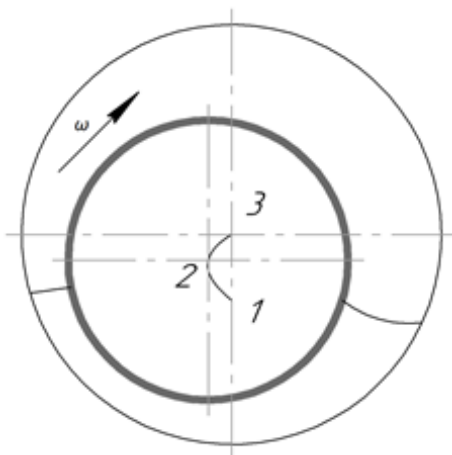


Рис.2. Зміщення положення центру валу щодо центру підшипника ковзання

При зміні навантаження на підшипник, положення центру валу буде зміщуватися щодо центру підшипника, буде змінюватися робочий зазор в підшипнику. При зміні навантаження на підшипники від нуля до гранично допустимого, центр ротора опише лінію навантаження підшипника. На рисунку цифрами 1, 2 і 3 показані характерні точки траєкторії переміщення центру обертання ротора при зміні навантаження на підшипник. Точка 3 відповідає повній відсутності навантаження на підшипник ковзання. Положення точки 1 відповідає такому максимальному навантаженню, коли резерви несучої здатності підшипника вичерпані повністю і почалися зачіпання ротора щодо вкладиша. Дуже важливим для розуміння динамічних процесів в підшипнику є перегин траєкторії в точці 2. Крива траєкторії переміщення центру валу цієї точки перегину 2 ділиться на дві різні за властивостями ділянки, на яких може розташовуватися робоча точка підшипника. Ділянка від точки 1 до точки 2 являє собою зону сталої роботи підшипника, коли відповідна силова реакція підшипника на збуджуючий імпульс навантаження однозначно відповідає величині цього імпульсу.

На ділянці від точки 2 до точки 3 картина динамічних процесів багато в чому інша. Внаслідок негативної кривизни траєкторії руху центру ротора тут існує так зване «перерегулювання» в реакції підшипника на зовнішні збудження. Явище «перерегулювання» виникає у відповідь на збуджуючий імпульс, наприклад, одиничної сили, відповідна реакція підшипника може бути рівним не одиниці, а, наприклад, двом. Ротор повернеться назад, але переміститься по траєкторії далі, ніж потрібно. Далі на ротор, який перемістився за точку рівноваги, знову буде діяти надмірний імпульс від мастильного шару підшипника, спрямований в бік точки встановленого режиму, але і це зусилля знову буде

надмірним. В результаті ротор знову переміститься за точку рівноваги в початкову позицію, а найімовірніше і ще далі. Результатом цього явища стане нескінченне автоколиваннями ротора у мастильному клині щодо точки рівноваги [2].

Траєкторія руху валу в підшипниках є фактично встановленою, але досі не пропонується спосіб зменшення величини ексцентриситету, що суттєво впливає на стабілізацію положення осі валу в опорах ковзання. Виникає необхідність модернізувати підшипник кочення, змінюючи кривизну його опорної поверхні. На рис.3 представлені схеми поперечного перерізу підшипника при обертанні з описаними траєкторіями руху: підшипник до модернізації (рис.3а) та підшипник зі зміненою кривизною його несучої поверхні (рис.3б).

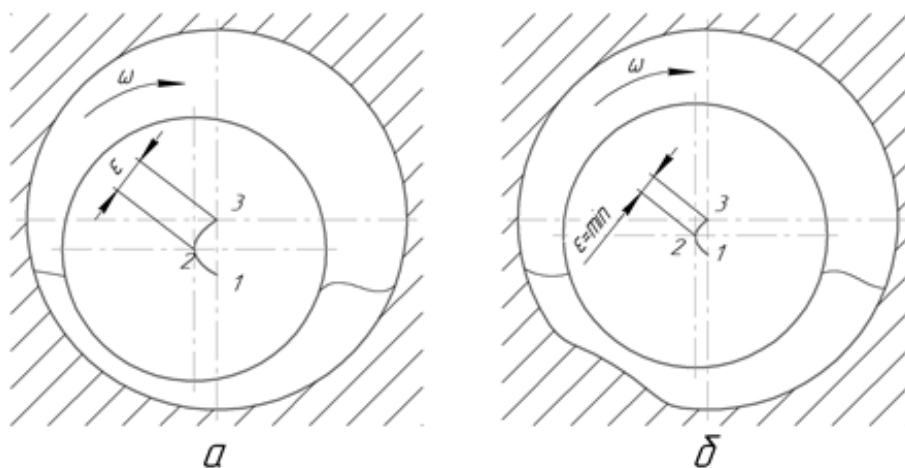


Рис.3. Змінення кривизни траєкторії руху ротору: а – підшипник до модернізації, б – підшипник зі зміненою кривизною його опорної поверхні

Аналіз траєкторії руху ротору по вихідним точкам узято з пояснення до рис.2. Крива показана експериментально та потребує подальших досліджень.

Рис.3 дає нам можливість наочно бачити змінену лінію навантаження підшипника за рахунок змінення кривизни поверхні опори ковзання, яка в повній мірі приводить до зменшення ексцентриситету. Відповідна конструкція підшипника дозволяє усунути або зменшити до прийнятного рівня машини мастильні вібрації.

Подальшому глибокому вивченню та аналізу підлягає питання виникнення ексцентриситету внаслідок можливого впливу стану підшипника, зазорів в ньому, зміни частоти мастильної вібрації.

Для зменшення величини ексцентриситету ϵ пропонується змінити кривизну траєкторії переміщення центру обертання ротора, при зміні навантаження на підшипник, за рахунок зміни кривизни опорної поверхні підшипника у місці виникнення клинового зазору. Таким чином зміститься положення клинового зазору, що забезпечить як «підйом» ротора, так і його шлях по новій зміщеній траєкторії, тому ексцентриситет дорівнюватиме мінімальному значенню. Регулювання кривизни опорної поверхні підшипника сприятиме стабілізації положення осі ротору в опорах ковзання.

Література:

1. Кіницький Я. Т. *Теорія механізмів і машин: Підручник*. — К.: Наукова думка, 2002. — 660 с. ISBN 966-00-0740-X, 263 с.
2. Русов В. А. *Спектральная вибродиагностика*. — М.: Наука, 1996. — 243 с.

УДК 621:658.51

Н.В. Деміда, магістрант, А.В. Пікільняк, канд.тех.наук, доц.,
(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

СТВОРЕННЯ СУЧАСНИХ СКЛАДНИХ ВИРОБІВ З ВПРОВАДЖЕННЯМ У ПІДПРИЄМСТВО ПРОГРАМНОГО ПРОДУКТУ SIMCENTER

Одним з найбільш важливих етапів проектування машинобудівних виробів є етап конструювання. Значимість його в тому, що на цьому етапі формується концептуальний вигляд майбутнього виробу, створюються математично точні геометричні моделі як окремих деталей, так і всього виробу, які будуть відігравати визначальну роль на всіх наступних етапах життєвого циклу виробу.

В свою чергу створення сучасних виробів неможливе без застосування складних систем розробки, які поєднують в собі проектування мехатронних систем, систем управління та програмно-апаратних засобів. Інженерні підрозділи машинобудівних підприємств прагнуть розробляти інтелектуальні вироби зі всіма вище перерахованими компонентами, застосовуючи нові матеріали і виробничі технології, при цьому терміни проектування необхідно скорочувати.

Вирішення таких завдань стає можливим з системою Simcenter компанії Siemens PLM Software. Simcenter – пакет програмних продуктів для комплексного інженерного аналізу.

У цій системі реалізований інжиніринговий підхід, який інтегрує мультидисциплінарне розрахункове моделювання, натурний експеримент і аналітику даних для створення цифрового виробу, максимально наближеного до реального, на ранніх стадіях розробки (PEA). До зазначених технологій відносяться обчислювальна механіка деформованого твердого тіла (CSM) і кінцево-елементний аналіз (FEA), обчислювальна газодинаміка (CFD), динаміка твердих тіл, моделювання систем управління, методики натурних випробувань, візуалізація, міждисциплінарний контроль проектних рішень і аналіз даних. При цьому всі технології управляються в контексті PLM за допомогою розробленої компанією Siemens платформи Teamcenter, що забезпечує розробку складних технічних систем [1].

Для 3D-розрахункового моделювання в комплект входить продукт Simcenter 3D, який об'єднує технології 3D-чисельного моделювання і набір бібліотек для проведення інженерного аналізу.

В якості основних розрахункових модулів до Simcenter 3D входять:

NX Nastran (для проведення комп'ютерного інженерного аналізу (CAE) проєктованих виробів методом кінцевих елементів);

SC Thermal (теплові завдання, заснований на коді TMG-Thermal компанії Maya HTT);

SC Flow (гідрогазодинаміка і теплообмін на основі рішення рівнянь Нав'є - Стокса, на базі коду TMG-Flow компанії Maya-HTT);

SC Multiphysics (нелінійне рішення для задач термопружності, що використовує розрахункові модулі NX Nastran та SC Thermal);

SC Motion (динаміка систем твердих тіл з аналізом працездатності, кінематичних і динамічних характеристик);

Samcef (для кінцево-елементних моделей в задачах проектування вітроенергетичних установок, роторних механізмів, структурного і теплового аналізу, а також аналізу композитів);

STAR-CCM+ (гідрогазодинаміка, теплообмін, моделювання хімічних процесів, ряд міцності завдань і завдань з електромагнетизму, акустиці).

В якості сторонніх розрахункових модулів можуть бути використані: Ansys, MSC Nastran, Abaqus, LS-DYNA.

На початковому етапі створення моделі, Simcenter пропонує широкий набір інструментів, що дозволяють конструктору вибрати найкращий спосіб розробки виробу. Користувач може використовувати будь-який підхід до проектування: створення каркасної, поверхневої або твердотільної моделі – це може бути традиційний параметричний підхід, поверхневе або пряме моделювання, а також може бути інтелектуальне створення конструкції на основі топологічної оптимізації.

Конструктор може працювати в контексті складального креслення без всяких обмежень на розмірність проекту. При цьому зберігається асоціативність даних і забезпечується побудова цифрового макету виробу будь-якої складності. Simcenter володіє технологіями, які дають можливість повністю змінити методологічний підхід до процесу проектування, розмежовуючи його, забезпечуючи спадкування даних між усіма етапами проектування. Це дає можливість швидко вносити в модель зміни і відстежувати їх на всіх етапах життєвого циклу виробу.

Впровадження програмного пакету Simcenter на машинобудівних підприємствах забезпечить перехід від простого контролю проектних рішень до прогнозування на основі застосування ефективних процесів чисельного моделювання. Створення продукції в цифровому форматі дозволить більш ефективно обмінюватися проектною інформацією, зменшити кількість помилок. Використання даного рішення скорочує терміни проектування і допомагає створювати якісні та надійні вироби, виводячи підприємство на новий рівень розвитку.

Література:

1. Електронний ресурс. Режим доступу –

https://www.plm.automation.siemens.com/media/global/en/Siemens-PLM-Simcenter-Portfolio-br-56121_tcm27-32520.pdf

2. Електронний ресурс. Режим доступу – <https://sapr.ru/article/25539>

О. ПЕДЕНКО, Д.Ю. КРАВЦОВА, канд. фіз.-мат. наук, асистент,
(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

НАЛАШТУВАННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОКРИТІВ ДЕТАЛЕЙ МАШИН НАНОЧАСТИНКАМИ Al_2O_3

Різноманіття сучасних технологій створення наноматеріалів дозволяє вирощувати нанопокриття майже будь-якої структури та морфології. Очевидно, властивості наноматеріалів одного і того ж хімічного складу, але різного дизайну просторової геометрії, будуть відрізнятися внаслідок унікальних квантово-розмірних ефектів, що виникають у наноплівках. Таким чином, аналізуючи експериментальні зразки або теоретичні розрахунки покриттів різного дизайну можна виявити шляхи налаштування їх механічних властивостей. Із цією метою у роботі розглянуто кілька перспективних для машинобудування нанопокриттів, що містять наночастинки Al_2O_3 , але вирощені різними методами і мають різні технічні характеристики.

Композитні покриття на підкладці NiFe-сплаву, посилені наноструктурованими багатофазними керамічними наночастинками Al_2O_3 -40% TiO_2 , були виготовлені на поверхні алюмінієвого сплаву 7005 за допомогою технології плазмового розпилення [1]. Дослідження мікроструктури показали, що фази нанопокриття склалися переважно з γ -Ni, α - Al_2O_3 , γ - Al_2O_3 і рутилу- TiO_2 , Al_2TiO_5 , AlNi_3 і FeNi_3 . Мікротвердість – $\text{HV}_{0,5}$ 624. Коефіцієнт тертя змінювався у межах 0,360–0,394, а втрати зносу – 1,32–4,49 мг. Механізм зносу різання, при навантаженнях більших за 6 Н, змінювався на пластичний деформаційний і абразивний знос [1].

У роботі [2] наночастинки Al_2O_3 , покриті полістиролом методом емульсійної полімеризації, використовували в якості наповнювачів нанопокриттів на основі полістиролу, що отримані селективним лазерним спіканням. Доведено, що наночастинки Al_2O_3 добре дисперговані у полімерній матриці і була отримана повністю щільна структура нанопокриття. У таких плівках експериментально була отримана ударна в'язкість, що досягала 12,1 кДж/м²; максимальне значення межі міцності становило 31,2 МПа [2].

Нанокристалічне композиційне покриття $\text{Al}_2\text{O}_3/\alpha$ - Al_2O_3 вирощували пульсуючим лазерним осадженням при кімнатній температурі або 600°C та описали у роботі [3]. Покриття складаються з наночастинок Al_2O_3 (2–5 нм) в аморфній матриці. Авторами було показано, що нанокристалічні домени орієнтовані довільно, але мікроструктура є однорідною, компактною і повністю щільною, незалежно від товщини (0,5–8 нм для всіх зразків) і температури росту плівки. Наноккомпозити, вирощені за кімнатної температури, демонстрували незвичайне поєднання компактності, сильне міжфазне склеювання, помірну

жорсткість (195 ± 9 ГПа) і значну твердість (10 ± 1 ГПа), що приводить до пластичності і високого відношення твердості до модуля пружності ($H/E=0,049$). У покриття, вирощеного при 600°C , також спостерігалася сильна адгезія з підвищенням жорсткості (277 ± 9 ГПа) і значним підвищенням твердості (25 ± 1 ГПа), що говорить про значну стійкість до зносу ($H/E=0,091$).

Отже, хімічно схожі, але структурно відмінні наноматеріали здатні проявляти дуже різні фізико-хімічні і механічні властивості, що значно розширює область застосувань цих наноматеріалів і дає можливість розробити шляхи тонкого налаштування їх властивостей. Це є важливим кроком до розробки технологій створення нових матеріалів із наперед заданими властивостями, які диктуються конкретною технічною задачею.

Література:

1. *Tribological properties of nanostructured Al_2O_3 –40% TiO_2 multiphase ceramic particles reinforced Ni-based alloy composite coatings* / [L. He, Y. Tan, H. Tan and etc.]. // *Trans. Nonferrous Met. Soc. China*. – 2013. – №23. – P. 2618–2627.
2. *Effect of core–shell composite particles on the sintering behavior and properties of nano- Al_2O_3 /polystyrene composite prepared by SLS* / [H. Zheng, J. Zhang, S. Lu and etc.]. // *Materials Letters*. – 2006. – №60. – P. 1219–1223.
3. *The mechanical properties of a nanocrystalline $\text{Al}_2\text{O}_3/\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ composite coating measured by nanoindentation and Brillouin spectroscopy* / [F. Ferre, E. Bertarelli, A. Chiodoni and etc.]. // *Acta Materialia*. – 2013. – №61. – P. 2662–2670.

УДК 621.8, 539.8

D. Kravtsova, S. Dybrovskyi
(Ukraine, Kryvyi Rih, Kryvyi Rih National University)

TUNNING THE PROPERTIES OF Al-cBN OR Cr- Al_2O_3 -BASED PROTECTIVE NANOCOATING

Several successful developments of Al-cBN or Cr- Al_2O_3 -based nanocoatings, which have extreme mechanical properties, are shown. The design of a model films that adequately reproduce experimental prototypes has been developed. The task is defined: to find ways of tuning the properties of protective nanocomposites by calculation using methods of functional of electronic density.

Показано кілька успішних розробок нанопокриттів на основі Al-cBN або Cr- Al_2O_3 , які мають виняткові механічні властивості. Розроблено модельні плівки, що адекватно відтворюють експериментальні зразки. Визначено завдання: знайти способи налаштування властивостей захисних нанокмполітів шляхом розрахунку методами функціоналу електронної густини.

In the mechanical engineering always a topical issue is the protection of parts of the mechanism from the impact of the environment and mechanical damage. Therefore, continuous development of new materials for universal protective coatings is ongoing. One of the promising composites on the metal matrix is nanocoating Al-cBN and Cr- Al_2O_3 .

In paper [1], composites based on Al, and reinforced with strong interfaces AlB_2 , AlN , BN , which were formed with the addition of BN , were investigated. The authors believe that these interfaces have made the greatest contribution to the strength of the prototype. The important study [2] shows nanocoating of Al-5\%Cu alloy reinforced by Si and N . It has been found that adding Si_3N_4 to the alloy significantly increases the yield strength.

In [3], the properties of the $\text{Cr-C/Al}_2\text{O}_3$ coating formed by the electrodeposition of Al_2O_3 particles on the Cr-C matrix are described. It increases hardness (~ 1075 HV), corrosion and wear resistance, and also reduces friction.

An interesting idea was the creation of a nanocomposite coating with a functional-graded structure of $\text{Ni-Cr/Al}_2\text{O}_3$ in the paper [4]. This type of deposition causes a gradual change in properties and reduces the wear rate by 39% compared to the monolayer coating.

In this study, the purpose is to determine the estimated theoretical hardness of the composite [5], to estimate the chemical inertia, to determine the coefficient of friction [6] of the surface of the Al-cBN or Al_2O_3 composite, to construct curves of total energy and deformation [5] that arise in model objects at different mechanical load. From the analysis of the obtained data, it is possible to develop ways of tuning the protective coatings according to specific technical problems in the future.

The computational experiment is performed on a repeatedly tested author's software complex, which uses methods of the functional of electronic density and *ab initio* pseudopotentials. Calculated atomic models of material are developed in accordance with the requirements of the calculation method and features of the software so as to adequately recreate the structure and composition of the studied 1D-nanomaterials.

Reference:

1. Steinman A. E. *Al-based composites reinforced with AlB_2 , AlN and BN phases: Experimental and theoretical studies* / A.E. Steinman, S. Corthay, K.L. Firestein, D.G. Kvashnin, A.M. Kovalskii, A.T. Matveev, D.V. Shtansky // *Materials & Design*, 2018. – №141. – P.88-98.
2. Lotfy A. *Novel preparation of Al-5\%Cu/BN and Si_3N_4 composites with analyzing microstructure, thermal and mechanical properties* / A. Lotfy, A. V. Pozdniakov, V. S. Zolotarevskiy, M. A. El-khair, A. Daoud, A. Mochugovskiy // *Materials Characterization*, 2018. – №136. – P.144-151.
3. *Improve the mechanical properties and wear resistance of Cr-C thin films by adding Al_2O_3 particles* / [H. Sheu, M. Lin, S. Jian and etc.]. // *Surface and Coatings Technology*. – 2018. – №350. – P. 1036–1044.
4. Abedi T. *Synthesis of a novel functionally graded coatings of $\text{Ni-Cr/Al}_2\text{O}_3$ nanocomposite coating by pulse electrodeposition* / T. Abedi, S. Asl. // *Materials Research Express*. – 2019. – №6. – P. 056403.
5. Balabai R.M. *Hardness of diamond-cBN nanocomposite* / R.M. Balabai, D.Yu. Kravtsova // *Diamond and Related Materials*. – 2018. – №82. – P.56-62.
6. Balabai R. M. *Tribological characteristics of diamond-like carbon films coated with hydrogen or fluorine: ab initio calculations* / R.M. Balabai, A.G. Barilka, D.Yu. Gritsulia. // *Materials of the international scientific and technical conference "Sustainable development of industry and society"*, Kryvyi Rih, October 22-25, 2014 - Kryvyi Rih, 2014. - T.2 - 292 p.

О.О. Бурцева, В.П. Нечаєв, канд.техн.наук, доц.
(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

ТЕХНОЛОГІЧНІ МОЖЛИВОСТІ ЕЛЕКТРОКОНТАКТНОГО НАПЛАВЛЕННЯ В РЕМОНТНИХ ОПЕРАЦІЯХ

В даний час питання про вдосконалення методів продовження ресурсу деталей гірничих машин і кар'єрної техніки є досить актуальним. Особливу увагу можна приділити відновленню дорогих деталей, наприклад, ротор турбокомпресора.

На сьогоднішній день відомо багато способів відновлення зношених деталей, при цьому велика їх частина до відновлення малорозмірних деталей не підходить, в зв'язку з тим що вони мають ряд суттєвих недоліків [1,2]. Наприклад, у методів відновлення деталей напиленням або полімерними матеріалами недостатня міцність зчеплення, а відновлення малорозмірних деталей методами наплавлення (під шаром флюсу, в середовищі захисних газів, індукційний, газовий) не застосовується у зв'язку з високими термічними деформаціями виробів, тому найбільш придатними методами відновлення таких деталей будуть термомеханічні способи нанесення покриттів. Одним з таких способів відновлення, які надають невелике термічне вплив, є електроконтактна приварка (ЕКП).

ЕКП - це ефективний, високопродуктивний спосіб відновлення зношених деталей, особливо з невеликими значеннями зносу, що дозволяє приварювати присаджувальні матеріали на деталі різної форми, з різними фізико-механічними властивостями. Товщину шару, що наноситься можна регулювати в межах 0,2-1,0 мм, зона термічного впливу не перевищує 0,5 мм, припуск на механічну обробку 0,2-0,5 мм. Також електроконтактні способи відновлення деталей мають низьку енергоємність процесу, характеризуються відсутністю потужного світлового випромінювання і газовиділення, дозволяють знизити втрати присаджувального матеріалу, зберегти початкові властивості матеріалу деталі при високій міцності зчеплення одержуваного покриття з основним металом деталі. Причому для отримання покриттів ЕКП можна використовувати сталеві стрічки, дрот і порошки. Останні при цьому можуть бути як однокомпонентними, так і багатокомпонентними і складатися з різних металевих і неметалевих порошків.

На сьогоднішній день ЕКП сталеві стрічки відновлюють в основному колінчаті вали і опорні шийки валів під підшипники ковзання, але практично не відновлюють вироби невеликого діаметру. Це пов'язано з тим, що при ЕКП сталеві стрічки або дроту на вироби діаметром менше 15 мм вони можуть деформуватися від тиску роликів електродів і термічного впливу в зоні приварювання. Для відновлення малорозмірних деталей ЕКП найбільш підходящим присадним матеріалом будуть порошкові матеріали, так як при їх ЕКП зона термічного впливу набагато менше.

При ЕКП сталевій стрічки і дроту сила струму, необхідна для якісної приварки дроту і стрічки, вище в порівнянні з ЕКП порошкових матеріалів на 19 і 32% відповідно, що викликає більш високі температури в зоні приварювання і як наслідок - до підвищених деформації.

Таким чином, електроконтактна приварка порошкових матеріалів дозволяє реалізувати ресурсозберігаючі та екологічно чисті технології відновлення зношених деталей машин і деталей невеликого діаметра, а технологія відновлення зношених деталей машин електроконтактною приваркою порошкових матеріалів є перспективною і дозволяє розширити номенклатуру відновлюваних деталей.

Доповідь присвячена особливостям відновлення малорозмірних деталей і результатам практичного застосування технології електроконтактного приварювання феромагнітного порошку.

Література:

1. Сайфуллин Р.Н. Электроконтактная приварка порошковых материалов при восстановлении деталей и получении защитных покрытий. / Р.Н. Сайфуллин / Уфа: БашГАУ. 2008. 182 с.

2. Сайфуллин Р.Н. Повышение эффективности технологии восстановления деталей электроконтактной приваркой порошковых материалов. / Р.Н. Сайфуллин / Уфа: БашГАУ. 2009. 39 с.

УДК 9.06-229.33:519.711.3

В.С. Кулиш, магистрант, В.П. Нечаев, канд.техн.наук, доц.
(Украина, Кривой Рог, Криворожский национальный университет)

ПУТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ШПИНДЕЛЬНЫХ УЗЛОВ ПРИ МОДЕРНИЗАЦИИ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

Одной из задач модернизации станков является стремление за счет частичных изменений поднять технический уровень оборудования до уровня современных моделей аналогичного назначения [1, 2]. Достижение высоких показателей точности и производительности при работе станка зависит от многих факторов. Не последнюю роль в этом играют шпиндельные узлы (ШУ) — их конструкция, качество изготовления, сборки и регулировки. Одним из важных показателей качества ШУ являются его динамические характеристики.

Моделирование шпиндельных узлов позволяет решать не только задачи оптимизации конструкции, но, в некоторых случаях, решать обратную задачу — производить оценку жесткости опор, т.е. фактическую величину предварительного натяга (при наличии экспериментальных динамических характеристик), а на этой основе оценивать состояние опор, качество их регулировки. Например, с помощью программы SpinDyna_FE [2] можно моделировать ШУ металлорежущих станков на различных опорах (качения, аэро- и гидростатических и других) при наличии параметров, характеризующих их жесткостные и демпфирующие свойства.

Результатом статического расчета ШУ являются:

- осевые и радиальные упругие деформации, а также углы поворота сечений;
- реакции в опорах ШУ и стыках.

При динамическом расчете ШУ определяются:

- собственные частоты и модальные коэффициенты демпфирования;
- изгибные формы колебаний упругой системы ШУ в заданном частотном диапазоне;

амплитудно-частотные (АЧХ) и фазо-частотные характеристики ШУ по любой заданной координате, как от силы резания, так и от силы (момента), приложенной в любой узловой точке расчетной схемы.

Анализ статических деформаций базового варианта показал, что перемещение переднего конца шпинделя зависит не только от собственных деформаций и деформаций опор. В значительной степени оно определяется подсистемой гильзы, в основном опорами гильзы. Наличие адекватной математической модели ШУ позволяет начать поиск вариантов, которые могли обеспечить улучшение динамических характеристик ШУ и могли быть реализованы конструктивно. Исследователи варьировали положения подшипников в передней и задней опорах, жесткостные характеристики подшипников качения, а также конструктивные изменения в виде сквозного отверстия в шпинделе.

Использование программного комплекса при моделировании шпиндельного узла шлифовального станка может позволить оценить влияние жесткостных характеристик опор, которые зависят от предварительного натяга в подшипниках, предложить вариант конструкции с улучшенными динамическими характеристиками.

Работа посвящена вопросам улучшения динамических характеристик шпиндельного узла при модернизации шлифовального станка с ЧПУ. По данным литературного анализа, оценено влияние на динамические характеристики ШУ различных конструктивных изменений и параметров модели.

Литература:

1. Усакин К.С., Игнатъев А.А. Моделирование динамического состояния шпиндельного узла прецизионного токарного модуля / К.С. Усакин, А.А. Игнатъев // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2010. Т. 2. № 1. С. 89—97.
2. Щетинин В.С., Космынин А.В. Математическая модель расчета несущей способности высокоскоростного шпиндельного узла на газомангнитной опоре / В.С.Щетинин, А.В. Космынин // Трение и смазка в машинах и механизмах. 2010. № 8. С. 31—35.

УДК 621.791.92

І.А Сипченко, магістрант, В.П. Нечаєв канд.техн.наук, доц.
(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

МОДИФІКАЦІЯ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВ РЕМОНТОВАНОЇ ДЕТАЛІ ЗА ДОПОМОГОЮ ЛАЗЕРУ

Можливість виготовляти деталі зі змінним хімічним складом надає унікальні можливості для вирішення численних інженерних проблем за допомогою комбінації у виробі властивостей звичайних матеріалів і композитів. Застосування

методу функціональної градації властивостей до деталей машин дозволяє одержувати вироби з необхідними характеристиками хімічного складу або мікроструктури в критичних ділянках, завдяки чому забезпечується поліпшення експлуатаційних властивостей виробу в цілому.

Дана робота присвячена аналізу можливостей технологій з'єднання матеріалів для одержання деталей із профільованим хімічним складом, поступово або східчасто мінливим від сплаву на основі нікелю до сплаву на основі титану. Матеріали для аналізу були взяті з дослідження американських фахівців М.С. Домака, Дж.М. Баухмана (науково-дослідний центр НАСА «Ленгли», США) [1]. Метою дослідження з'явилося одержання порівняльних даних про застосовність кожної технології до обраних матеріалів на основі аналізу хімічного складу й мікроструктури продуктів, що утворюються.

Порівнювали три технології одержання масивних об'єктів змінного состава від сплаву Інконель 718 до сплаву Ті-6-4: пряме лазерне наплавлення металу, наплавлення плоским дротом і ультразвукове з'єднання. Усі три технології засновані на формуванні шару за допомогою внесення присадного матеріалу, однак відрізняються типом присадок і способом підведення енергії для формування з'єднання.

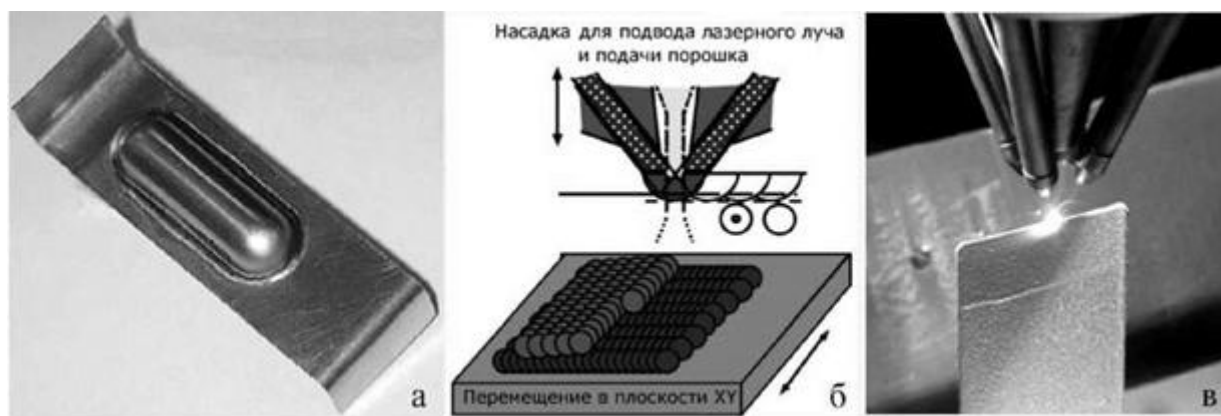


Рис. 1 Деталь (а), схема процесу LENS (б) і виготовлення стінки за допомогою процесу LENS (в)

Експерименти по лазерному прямому осадженню металу виконані за допомогою технології LENS (Laser Engineered Net Shape - Створення об'ємних конструкцій за допомогою лазера), розробленої дослідним центром Sandia National Laboratories [1].

Технологія LENS є процесом, заснованим на створенні наплавлення за допомогою присадки порошку, що з'єднується з матрицею під дією безперервного випромінювання лазера (рис.1б). У процесі LENS використовується пристрій з декількома соплами для подачі однокомпонентних або складених порошків, що дозволяє одержувати матеріал із практично безперервною зміною хімічного складу. Процес створення елемента конструкції у вигляді стінки, показаний на рис.1в.

В експериментах з наваркою плоского дроту застосовували технологію

PMD™. (Precision Metal Deposition - прецизійне наплавлення металу), засновану на плавці присадного матеріалу за допомогою лазера, що працює в імпульсному режимі (рис.2).



Рис. 2 Наплавлення плоским дротом PMD

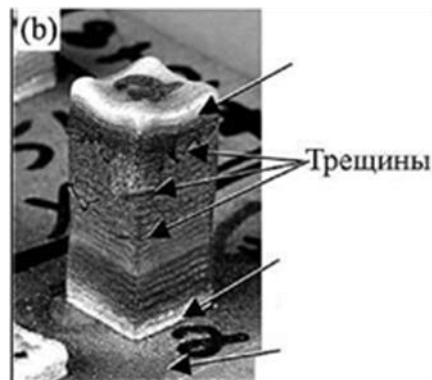


Рис. 3 Наплавлення стовпчиків порошками зі змінним составом

У процесі PMD™ твердий плоский дріт розплавляється на основі без утвору рідкої ванни на її поверхні. У результаті цього виготовлення деталей відбувається при підведенні тепла, кількість якого на порядок менше, чим при використанні процесів наплавлення з безперервним лазерним променем. Необхідна зміна хімічного складу за обсягом деталі можна одержувати, управляючи послідовністю подачі різних типів дроту, що відрізняються составом.

Технологія ультразвукового з'єднання, розроблена фірмою Solidica, заснована на використанні процесу мікротертя для приєднання у твердому стані листових матеріалів, що вводяться в реакційну зону тонких (фольги) додаткові елементи, що утворюють на деталях. Чисті поверхні піддають з'єднанню при температурі половини, що звичайно не перевищує, температури плавлення, і під тиском, достатнім для дифузії атомів.

У наплавленнях зі змінним составом утворювалися тріщини до того, як відбувалася повна заміна подаваного порошку сплаву Ti-6-4 сплавом Inconel 718 (рис.3).

Усі вивчені методи наплавлення вимагають подальшого вивчення, перш ніж можуть бути отримані матеріали зі змінним составом надійні з'єднання, що мають, придатні для промислового застосування.

Розтріскування в наплавленнях, отриманих лазерним наплавленням порошків, груба дендритна структура й значна сегрегація елементів, спостережувані при використанні композицій, що містять 40-60% Inconel 718, вимагають додаткових досліджень впливу режимів процесу, керування подачею порошку для одержання якісних наплавлень і придушення небажаних взаємодій використовуваних матеріалів.

Наплавлення плоским дротом дає гарні результати по перемішуванню в дровових шарах, однак на границі між наплавленими шарами спостерігалось розтріскування. Ступінь взаємодії матеріалів значно нижче, чим при лазерному наплавленні порошків.

При з'єднанні матеріалів ультразвуковим методом зона з'єднання має реакційний шар товщиною 1 мкм, що значно менше в порівнянні з іншими вивченими процесами.

Аналіз опублікованих матеріалів показав актуальність даних технологій для ремонтного виробництва при відновленні експлуатаційних ушкоджень деталей.

Література:

1. Домак М.С., Баухман Дж.М.. *Разработка технологии получения титано-никелевых конструктивных элементов с профилированным химическим составом* // «Главный механик», 2010, №2, С.46-51.
2. Воловик Е.Л.. *Справочник по восстановлению деталей*. – М.: Колос, 1981. – 351 с.
3. Попилов Л.Я.. *Электрофизическая и электрохимическая обработка материалов: Справочник*. – М.: Машиностроение, 1982. – 400с.

УДК 621.926

Височій В.О., магістрант ,Реброва С.В. асистент
(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

ДОСЛІДЖЕННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЗАХИСТУ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ПЕРЕКАЧУЮЧОГО ОБЛАДНАННЯ ВІД АБРАЗИВНОГО ЗНОСУ

Проблема гідроабразивного та ерозійного зносу важлива для насосів, що перекачують сильно забруднені твердими частинками рідини, тобто шламових насосів. Їх використовують для відкачування сильно забруднених рідин, води із залишками рудного матеріалу після його промивання, з частинками піску і ґрунту. Це обладнання спеціально спроектовано для роботи в тяжких умовах, перекидання води з інорідними частинками і високою щільністю. Принцип роботи шламового відцентрового насоса заснований на використанні відцентрових сил, що виникають при впливі лопатей основного функціонального колеса пристрою на переміщувану рідку середу. Причинами низьких показників ресурсу металевих насосів є підвищена вібрація проточних частин насосів, а також кавітаційний, гідроабразивний і ерозійний знос [1].

Гідроабразивний знос призводить до зміни розмірів, форми, маси або стану поверхні матеріалу під впливом рухомої гідросуміші, він спостерігається в гідравлічних машинах і трубопроводах, робочих колесах, корпусах ґрунтових насосів і вуглесосів та ін. Розрізняють гідроабразивний знос загальний і місцевий. Інтенсивність гідроабразивного зносу залежить від якості матеріалу, розміру, форми, твердості, щільності твердих частинок гідросуміші, її концентрації, щільності, в'язкості, корозійної активності рідкого середовища, швидкості переміщення частинок щодо поверхні, яка зношується, їх кута набігання на поверхню та інші.

Для запобігання гідроабразивного зносу застосовують наступні заходи:

- використання спеціальних сплавів для виготовлення обладнання;
- використання гум і мінерало-полімерних композицій в якості футерування;
- зменшення швидкості течії гідросуміші;

- оптимізація конструкцій робочих поверхонь обладнання, що забезпечує компенсацію зносу [2].

Процес кавітації часто є основним негативним фактором при кавітаційному зносі, що призводить до серйозної часткової ерозії і зносу проточних частин в зоні кавітації і далі до швидкого виходу з ладу проточних частин шламового насоса. У загальному випадку кавітація - це явище, що відбувається в рухомих потоках, коли місцеве падіння тиску виявляється менше тиску насиченого пара рідини і розчинених в ній газів. При цьому в рідині утворюються бульбашки розрідженої водяної пари, що одразу схлопуються. Процес кавітації характеризується проявом характерного шуму у вигляді потріскування, іноді, вібрації, зі змінною амплітудою і частотою. Коливання тиску в різних частинах насоса - дуже поширене явище в роботі шламового насоса. При цьому також частково існує негативний тиск, тому явище кавітації важко запобігти повністю. При розвитку процесу кавітації показники роботи насосного обладнання серйозно змінюються. Зокрема, знижується подача і напір, а також споживана потужність. Некерований розвиток кавітації може спровокувати серйозну аварію насосного обладнання. При кавітації метал легко відшаровується, має слабку здатність протистояти миттєвій високій температурі і високому тиску, який створюється кавітацією.

Для захисту обладнання від налипання твердих домішок, руйнування деталей, що стикаються з гідросумішшю й абразивними частинками застосовується футерування. Для цих цілей використовують спеціальні вставки, виготовлені з гуми або полімерних матеріалів. Гумові футеруючі вставки, захищають шламові насоси, що працюють в умовах високих абразивних навантажень. В оптимальних для гуми умовах вони є відмінним захисним матеріалом і мають незаперечні переваги перед металом серед яких можна виділити [2,3]:

- підвищений експлуатаційний ресурс за рахунок значної корозійної стійкості;
- високу ремонтпридатність, яка визначається простотою технічного обслуговування і скороченням часу заміни;
- енергозбереження;
- відносно низький рівень шуму;
- зменшення ваги обладнання.

Для захисту насосного обладнання може використовуватися футеровка полімерними матеріалами. В наш час ці методи все активніше використовують для захисту і відновлення насосного обладнання. Епоксидні матеріали холодного затвердіння швидко наносяться, дозволяють скоротити до мінімуму час простою і забезпечують тривалий захист. Наприклад, рідкий еластомер Belzona 2141 – це двокомпонентна поліуретанова смола для покриття металевих і гумових деталей обладнання. Цей еластичний матеріал розроблений спеціально для захисту від абразивного і кавітаційного зносу, а також ерозії і корозії ділянок обладнання з високим точковим тиском. Цей рідкий еластомер холодного затвердіння виключає потребу в гарячій обробці, а також легко змішується без спеціального обладнання [4].

В процесі застосування полімерних матеріалів виконуються наступні правила і вимоги при підготовці поверхонь і нанесенні полімерів на металеві поверхні:

- підготовка поверхні виконується кількома способами залежно від її стану: абразивним кругом, ручної фрезерної машинкою або за допомогою піскоструминної обробки.
- знежирення поверхні здійснюється ацетоном з наступною витримкою в часі для його випаровування.
- змішування полімерних матеріалів виконується або шпателем в ємності, або в разі розмішування більше 0,5 кг матеріалу - з використанням змішувача у вигляді стрижня з лопатями, закріпленими в патроні дреля.
- нанесення матеріалу, яке є однією з основних операцій, що визначає як якість утворених адгезійних зв'язків, так і довговічність нанесеного покриття, виконується в два прийоми. Перший шар полімеру ретельно втирається лопаткою або 122 шпателем в поверхню відновлюваної деталі. Усі наступні шари наноситься без докладання якихось зусиль, виключаючи, при цьому, утворення порожнин заповнених повітрям[5].

Крім того еластомерне покриття в 5-10 разів збільшує ресурс обладнання щодо нержавіючої сталі, воно саме по собі є ремонтнопридатним - пошкоджені локальні ділянки можна відновити безпосередньо на місці експлуатації насоса.

В подальшому можна очікувати ріст використання полімерних матеріалів для захисту обладнання від агресивної абразивної середовища. Це обумовлено кількома причинами. Полімерна індустрія розвивається дуже активно, знижується їх ціна, збільшується доступність на світовому ринку. Полімери мають меншу питому вагу, в порівнянні з металами. Крім того полімери надають надзвичайно широкий спектр характеристик і властивостей цих матеріалів за рахунок різноманітних модифікаторів. Вже існують полімери, здатні до самовідновлення при певному підвищенні температури, при цьому у матеріалі відновлюється міцні міжмолекулярні зв'язки, за рахунок чого міцність не втрачається, ця технологія дозволяє спростити та здешевити ремонт та відновлення обладнання, з цими полімерами у конструкції[6]. Окрім цього перевагою полімерів перед металами можна вважати нижчу енергоємність виготовлення, що зумовлено меншою температурою плавлення та особливостями молекулярної будови полімерів.

Однак на даний момент залишаються невирішеними питання точного визначення зносостійкості матеріалів при певних експлуатаційних умовах та технологій їх нанесення при ремонті та відновленні обладнання.

Література:

1. Шламовые центробежные насосы [Електронний ресурс]. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://dalgakiran.ua/products/shlamovye-centrobeznyie-nasosy>
2. Как уменьшить гидроабразивный износ шламовых и грунтовых насосов [Електронний ресурс]. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://dprom.online/2019/04/hydro-abrasive/>
3. Защитные полимерные покрытия: типы, предназначение и способ нанесения насосов [Електронний ресурс]. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://speranza-ua.com/news/zashhitnye-polimernye-pokrytiya/>
4. Belzona 2141 (ACR-Fluid Elastomer) насосов [Електронний ресурс]. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.belzona.com/ru/products/2000/2141.aspx>

5. Ищенко А.А. Восстановление и защита корпусов перекачивающего оборудования /А.А.Ищенко, Е.В.Дашко// 13-ая Международной научнотехн. конф. «Инженерия поверхности и реновация изделий». – К.: АТМ України, 2013. – С. 121-123.
6. Тхір І. Г. Фізико-хімія полімерів / Тхір І. Г., Гуменецький Т. В. - Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2005. — 240 с.

УДК 621.515

Є.А. Єрмаков, магістрант, А.О. Рязанцев, канд.техн.наук, доц.
(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

ВІДНОВЛЕННЯ МАЛОРОЗМІРНИХ ДЕТАЛЕЙ ЕЛЕКТРОКОНТАКТНИМ ПРИВАРЮВАННЯМ ПОРОШКУ

Наведено особливості відновлення малорозмірних деталей машин, а також технологію електроконтактного приварювання феромагнітного порошку на зношені поверхні розглянутих деталей.

В даний час питання про вдосконалення методів продовження ресурсу деталей машин і сільськогосподарської техніки є досить актуальним. Особливу увагу можна приділити відновленню дорогих малорозмірних деталей, таких як ротор турбокомпресора, проміжний вал ланцюга ГРМ, гідравлічний штовхач клапана та інші.

На сьогоднішній день відомо безліч способів відновлення зношених деталей, при цьому велика їх частина до відновлення малорозмірних деталей не підходить, в зв'язку з тим що вони мають ряд суттєвих недоліків. Наприклад, у методів відновлення деталей напиленням або полімерними матеріалами недостатня міцність зчеплення, а відновлення малорозмірних деталей методами наплавлення (під шаром флюсу, в середовищі захисних газів, індукційний, газовий) не застосовується у зв'язку з високими термічними деформаціями виробу, тому найбільш придатними методами відновлення таких деталей будуть термомеханічні способи нанесення покриттів. Одним з таких способів відновлення, які надають невеликий термічний вплив, є електроконтактна приварка (ЕКП).

ЕКП – це ефективний, високопродуктивний спосіб відновлення зношених деталей, особливо з невеликими зносу, що дозволяє приварювати присадочні матеріали на деталі різної форми, з різними фізико-механічними властивостями. Товщину шару, що наноситься можна регулювати в межах 0,2-1,0 мм. зона термічного впливу не перевищує 0,5 мм, припуск на механічну обробку 0,2-0,5 мм. Також електроконтактні способи відновлення деталей мають низьку енергоємність процесу, характеризуються відсутністю потужного світлового випромінювання і газовиділень, дозволяють знизити втрати присадочного матеріалу, зберегти початкові властивості матеріалу деталі при високій міцності зчеплення одержуваного покриття з основним металом деталі. Причому для отримання покриттів ЕКП можна використовувати сталеві стрічки, дроту і порошки, останні при цьому можуть бути як однокомпонентні. так і

багатокомпонентними і складатися з різних металевих і неметалевих порошків [1].

На сьогоднішній день ЕКП сталевих стрічки відновлюють в основному колінчаті вали і опорні шийки валів під підшипники ковзання, але практично не відновлюють вироби невеликого діаметру (рис. 1). Це пов'язано з тим, що при ЕКП сталевих стрічки або дроту на вироби діаметром менше 15 мм вони можуть деформуватися від тиску роликів електродів і термічного впливу в зоні приварювання.



Рис. 1. Деталі зі зносом на малих діаметрах, які можливо відновити ЕКП порошкових матеріалів: а – опорні шийки вала ротора турбокомпресора; б – золотник механізму переключення передач; в – поршневий палець ДВЗ; г – направляюча клапану; д – проміжний вал ланцюга ГРМ; е – товкач клапану

Для відновлення малорозмірних деталей ЕКП найбільш підходящим присадним матеріалом будуть порошкові матеріали, так як при їх ЕКП зона термічного впливу набагато менше [2]. Даний висновок також впливає з таблиці, в якій представлені режими ЕКП з різними присадних матеріалів. Для реалізації

способу без використання додаткових дорогих пристроїв і пристосувань пропонується метод, представлений на рис. 2.

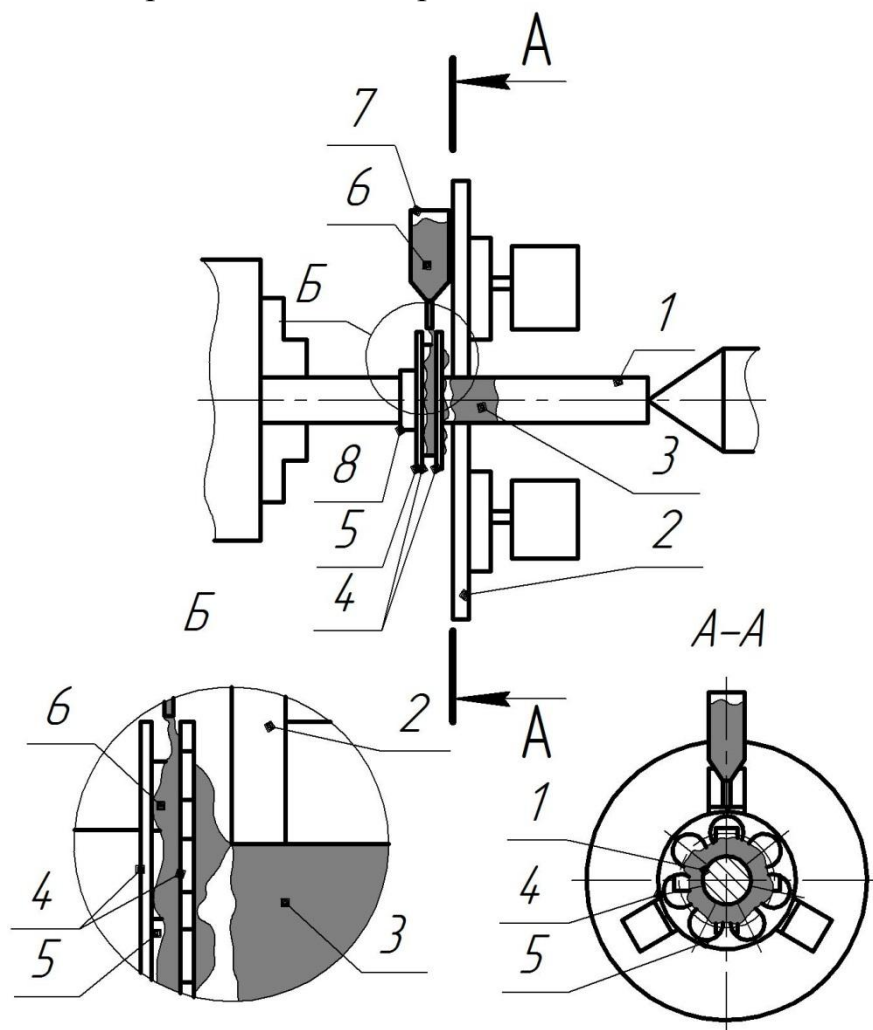


Рис. 2. Пристрій для електроконтактного приварювання феромагнітного порошку:
 1 – деталь; 2 – роликівий електрод; 3 – наплавлений шар; 4 – пластина круглої форми; 5 – постійний магніт; 6 – феромагнітний порошок;
 7 – дозуючий бункер; 8 – втулка

Приварка здійснюється наступним чином. Механізм обертання приводить в обертання відновлювану деталь 1, а роликівий електрод 2 за допомогою механізму навантаження притискається до деталі 1 і за рахунок сили тертя починає рухатися. Крім того, роликівий електрод 2 має можливість переміщення вздовж деталі 1. Феромагнітний порошок 6 надходить з бункера 7 до вихідного отвору, яке має заданий профіль, який визначає кількість захоплюваного феромагнітного порошку. Феромагнітний порошок 6 витягується з порошкопровода спеціальними постійними магнітами 5, які, в свою чергу, розташовані між двома сталевими пластинами 4. Дана конструкція дозволяє зберігати певну кількість порошку на поверхні відновлюваної деталі 1. Пластини закріплені на втулці 8, яка має можливість вільного переміщення по деталі 1. Сталева пластина 4, яка розташована ближче до роликівому електроду 2, має безліч наскрізних отворів, які дозволяють феромагнітні порошки 6 надходити

безпосередньо до зони приварювання. Постійні магніти 5 притягують і утримують певну кількість порошкового матеріалу, який необхідний для ЕКП. Утримуваний магнітними силами феромагнітний порошок 6 надходить до зони приварювання за рахунок магнітного тяжіння, яке виникає між роликівим електродом 2 і деталлю 1.

Таким чином, електроконтактне приварювання порошкових матеріалів дозволяє реалізувати ресурсозберігаючі та екологічно чисті технології відновлення зношених деталей машин та деталей невеликого діаметру. Технологія відновлення зношених деталей машин ЕКП порошкових матеріалів перспективна та дозволяє розширити номенклатуру деталей, що відновлюються.

Література:

1. Сайфуллин Р.Н. Електроконтакта приварка порошкових матеріалів при відновленні деталей і отриманні захисних покриттів. Уфа: БашГАУ. 2008. 182 с.
2. Сайфуллин Р.Н. Підвищення ефективності технології відновлення деталей електроконтактного приварювання порошкових матеріалів. Уфа: БашГАУ. 2009. 39 с.

УДК 621.7-4

М.А. Пантелєєв, магістрант, А.О. Рязанцев, канд.техн.наук, доц.
(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

ЗАСТОСУВАННЯ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ ПРИ ВІДНОВЛЕННІ ПОСАДКОВИХ ПОВЕРХОНЬ ВАЛІВ ПІД ПОДШИПНИКИ КОЧЕННЯ

Вивчені причини зносу посадочних поверхонь валів під підшипники кочення, наведено спосіб відновлення з'єднання «вал-підшипник» полімерними матеріалами, а також здійснено огляд сучасних полімерних сполук і нанонаповнювачів.

Технічний стан підшипникових вузлів визначає якість роботи машин і устаткування в цілому. В результаті зносу шийок валів під підшипники кочення змінюються розміри і форма деталей, що веде до їх вибраковування. У більшості випадків технічне обслуговування і ремонт нерухомих з'єднань перевищують витрати на їх виробництво. У зв'язку з цим, виникає необхідність в підвищенні довговічності підшипникових вузлів і зниження собівартості їх відновлення.

З'єднання «вал-підшипник кочення» під впливом експлуатаційних факторів зазнає зміни початкових розмірів, з'являється відносне зміщення контактуючих поверхонь деталей, що неминуче призводить до виникнення нових триботехнічних умов функціонування з'єднань, які поглиблюють процес зношування поверхонь. В результаті на поверхні посадочного місця виникають такі дефекти, як задири, тріщини, відколи, корозія. Однак основними причинами зносу посадочних місць під підшипники кочення є фреттинг-корозія і повертання внутрішніх і зовнішніх кілець підшипників в процесі експлуатації [1].

Фреттинг-корозія виникає при взаємних мікропереміщеннях контактуючих поверхонь під дією вібрацій. Такий знос зв'язують з абразивною дією оксидів металу, що утворюються при терті, мають високу стираючу здатність. Продукти

руйнування, які є більш жорсткими, ніж основний метал не виходять із зони контакту, що веде до їх подальшого накопичення і підвищення інтенсивності зношування [2].

Необхідність зниження витрат на технічне обслуговування і ремонт підшипникових вузлів привела до розробки безлічі способів відновлення посадочних поверхонь. Основними з них є установка додаткової деталі, зварювально-наплавочні способи, нанесення електролітичних покриттів, електроконтактна приварка сталевих стрічки.

Однак перераховані способи мають ряд недоліків, які перешкоджають широкому застосуванню в ремонтному виробництві. Найбільш характерні з них: висока трудомісткість, собівартість, енергоємність, складність технологічного процесу, потреба в дорогому технологічному обладнанні, велика витрата матеріалів. Більш того, традиційні методи не завжди можуть забезпечити необхідну довговічність і міцність вузлів в умовах інтенсивних навантажень на опорні елементи, якими є відновлювані поверхні. Основна причина недостатньої надійності вузлів - неможливість отримання в циліндричних з'єднаннях ефективної плями контакту площею понад 35 ... 40%. Результат - поява фреттинг-корозії і проворотання підшипників.

Нові можливості при виробництві ремонтно-відновлювальних робіт відкривають технології з використанням полімерних матеріалів. На відміну від існуючих способів, їх застосування виключає тепловий вплив на відновлювану деталь, не вимагає спеціального устаткування і високої кваліфікації персоналу, а також відрізняється низькою трудомісткістю. Позитивною рисою способу є і те, що полімерні склади можна багаторазово наносити на поверхню деталей різних розмірів і конфігурацій, забезпечуючи необхідну товщину покриття [3]. Відновлення посадкових місць полімерними матеріалами дає необхідний захист від фреттинг-корозії і підвищує площу контакту в нерухомому з'єднанні (рис. 1). Також завдяки наявності полімерного покриття збільшується деформація поверхні жолоба підшипника в зоні контакту з навантаженими тілами кочення, що призводить до збільшення площі плями контакту і зниження контактних напружень [4].



Рис. 1. Нанесення полімерного матеріалу на шийку валу під підшипник

Хімічна промисловість постійно оновлює номенклатуру полімерних матеріалів, які відрізняються широким спектром споживчих властивостей. Однак

для відновлення посадочних місць під підшипники найбільш часто використовуються анаеробні полімерні склади, які представляють собою вязкотекучі композиції, здатні тривалий час залишатися в початковому стані без зміни властивостей і швидко полімеризуватися з утворенням міцного шару в вузьких металевих зазорах при порушенні контакту з киснем повітря. Анаероби забезпечують хорошу стійкість з'єднання до впливу робочих рідин, а також збільшують стійкість з'єднань до вібраційних навантажень.

Найбільшого поширення на російському ринку отримали анаеробні матеріали фірм Loctite (Німеччина), Chester Molecular (Польща), Loxeal (Італія), НВП «Сатурн». Головним достоїнством даних матеріалів є здатність ефективно заповнювати важкодоступні тріщини і компенсувати знос посадочних місць під підшипники на валах. Однак полімерні склади, що випускаються вітчизняними і зарубіжними виробниками, не завжди забезпечують необхідні пружні властивості, мають недостатню стійкість до робочих рідин, вібраційних навантажень і старіння, а також дозволяють відновлювати знос не більше 0,1 мм на сторону. Використання наповнювачів дозволяє значно розширити можливості і підвищити властивості полімерів, що випускаються промисловістю.

Останнім часом набув поширення новий клас композиційних матеріалів - так звані нанокомпозити, які формуються в результаті змішування полімерів і наповнювачів, що мають нанометрові розміри. Перевагою таких наповнювачів є той факт, що одночасно можна досягти декількох позитивних властивостей в одній композиції. В якості нанонаповнювачів використовують фулерени, нанотрубки, нанопорошки і ін. Вплив наповнювача на властивості композиції залежить від розмірів його частинок, концентрації в системі, хімічної природи полімерного матеріалу [2].

Введення в полімерну матрицю наночастинок, завдяки їх малим розмірам і високій поверхневій енергії, дозволяє значно поліпшити фізико-механічні та експлуатаційні властивості композиції. Так, аналіз робіт [2,4,5] показав, що наномодифікація полімерів сприяє зниженню часу полімеризації складів до 25%, повзучості до 20%; збільшення модуля пружності до 35%, коефіцієнта відновлюваності до 26 %, теплостійкості до 25%, стійкості нанокомпозицій до впливу робочих рідин до 39%, до вібраційних навантажень - до 18%, старіння - до 15%. В результаті змішування наночастинок рівномірно розподіляються навколо полімерних волокон, що знижує рухливість останніх і тим самим покращує деформаційні, теплофізичні, пружні і інші властивості, що впливають на експлуатаційні характеристики і довговічність отриманих нанокомпозицій.

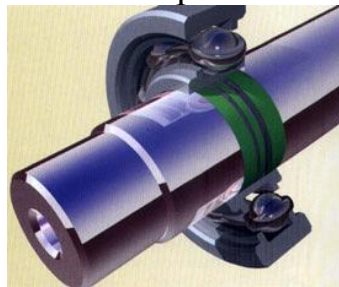


Рис. 2 Відновлення з'єднання «вал-підшипник» полімерними матеріалами

Таким чином, застосування полімерних нанокompозитів для відновлення посадочних місць під підшипники кочення забезпечує належну якість відремонтованої деталі, економію енергоресурсів і трудовитрат, що є досить актуальним напрямком в сучасних умовах.

Література:

1. Курчаткін, В. В. Відновлення посадок підшипників кочення сільськогосподарської техніки полімерними матеріалами: дис. ... док. техн. наук. М., 1989. 407 с.
2. Кононенко, А.С. Підвищення надійності нерухомих фланцевих з'єднань сільськогосподарської техніки використанням наноструктурованих герметиків: автореферат дис. ... доктор техн. наук: 05.20.03. М., 2012. 34 с.
3. Кононенко, А. С., Киселев Р. В. Відновлення радіаторів Сільський механізатор. ISSN 0131-7393. 2004. № 6. С. 22–23.
4. Бутін, А. В. Підвищення ефективності відновлення нерухомих з'єднань підшипників кочення сільськогосподарської техніки полімер-полімерними композиціями: дис. ... канд. техн. Наук. Мічурінськ, 2012. 127 с.
5. Кононенко А. С. Алешин В. Ф., Колобов А. Ю., Дмитраков К. Г. Поліпшення механічних і експлуатаційних властивостей полімерних матеріалів шляхом використання наповнювачів. Міжнародний науковий журнал. 2016. № 3. С. 59-66.

УДК 621.9

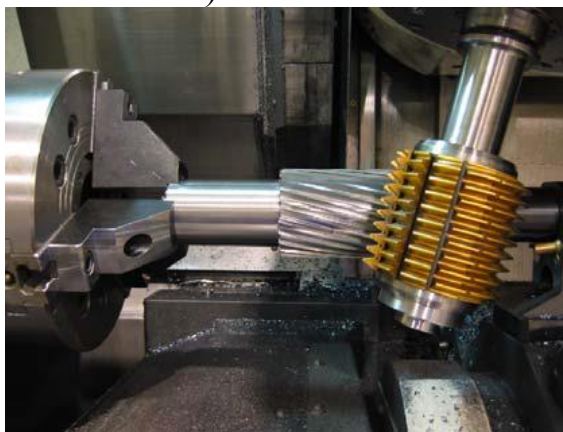
А.Барминов, В.Сергейчук, Л.А.Бугай, ст.преподаватель
(Украина, Кривой Рог, Криворожский национальный университет)

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПРОЦЕССЫ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ ЗУБЧАТЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Зубчатые передачи находят свое применение практически во всех областях машиностроения: судо-, станко-, автомобилестроении, сельхозмашиностроении, приборостроении и других отраслях машиностроения. К технологиям изготовления деталей с зубчатыми поверхностями предъявляются высокие требования. В статье рассмотрим перспективные решения в технологии изготовления деталей с зубчатыми поверхностями.

Зубчатые передачи [1] являются наиболее распространенным типом механических передач в машиностроении. В зависимости от области применения отличаются типом, точностью изготовления, и размерами зубчатых поверхностей деталей. Наряду с многочисленными преимуществами зубчатых зацеплений есть и сложность в их изготовлении. Классическая технология изготовления зубчатого колеса или вал-шестерни [1] включает токарные, фрезерные, протяжные, зубофрезерную или зубодолбежную операции, а также операции зубошестеринчатого и зубозакругления, термообработку, зубошлифование. Это сложный процесс, в котором задействовано различное оборудование, но обработка на зубообрабатывающем оборудовании, порой заставляет предприятия выносить зубообработку на внешнюю кооперацию. С целью обеспечения более гибкого производства с широкими технологическими возможностями и сокращения инвестиций в приобретении оборудования металлорежущего и технологической оснастки, мировые лидеры предлагают широкий парк современного оборудования. На станках достигнута максимальная концентрация

нескольких процессов обработки: фрезерования, точения, шлифования, сверления, зубчатой и шлицевой обработки и аддитивного производства. Компания Okuma предлагает серию токарно-фрезерных обрабатывающих центров Multus с опцией Hobbing Cutting для нарезания зубчатых венцов и шлицев червячными фрезами методом обкатки. Данный метод [3] является наиболее распространенным и производительным для обработки зубчатых колес в серийном производстве – как прямозубых, так и косозубых. На рисунке 1а) показан принцип данного метода. На обрабатывающих центрах серии Multus данный метод реализован благодаря кинематике с пятью управляемыми осями (наклонная ось «В», управляемая ось «С», линейные оси X, Y и Z с широким диапазоном перемещений) и системе ЧПУ (обеспечивает согласование вращения фрезы и заготовки).



а)



б)

Рис. 1. а) Метод обката червячной фрезой; б) Специальная приводная головка

Данный метод обработки может быть реализован не только на токарно-фрезерных центрах серии Multus, но и на токарных станках револьверного типа LB-серии с приводным инструментом. В револьверную голову устанавливается специальная приводная головка, (например, фирмы SU matik, рис.1б), которая обеспечивает надежное и жесткое двуопорное закрепление фрезы. Отметим ключевые преимущества, получаемые при использовании данного метода на станках Okuma:

- Точная обработка сложных деталей за один установ, включая токарную, фрезерную обработку и зубообработку с использованием всех возможностей станка: поддержка длинных деталей задним центром или обработка в противошпинделе;
- Экономия площадей под оборудование;
- Отсутствие межоперационных простоев;
- Отсутствие необходимости инвестировать в специальное оборудование для зубообработки.

Зуботочение

В основе этого метода [2, 3], лежит использование специального многозубого инструмента в форме чашки, переkreщивание под углом в пространстве осей детали и инструмента (рис.2) и синхронное вращение детали и заготовки на большой скорости.

В сравнении с таким методом обработки зубчатых колес как зубодолбление метод скайвинга имеет значительные преимущества:

- Современный инструмент для зуботочения оснащен сменными твердосплавными пластинами и способен работать на скоростях до 300 м/мин;
- Благодаря более эффективному процессу стружкообразования обеспечивается увеличение производительности до восьми раз.

В сравнении с методом зубофрезерования (Hobbing) метод скайвинга также имеет ряд преимуществ:

- Возможность обработки внутреннего зубчатого венца и малые величины врезания и перебега, которые в случае использования червячно-модульной фрезы могут быть соизмеримы с диаметром фрезы;
- Все эти преимущества можно получить с использованием на производстве обрабатывающих центров серии Okuma Multus U.

Данная технология [3] разработана компанией Sandvik Coromant. Главные отличительные черты этой технологии – гибкость и универсальность. С точки зрения кинематики данный метод относится к методам огибания с тем лишь отличием, что имитируется не зацепление, а инструмент «обкатывает» каждую впадину зубчатого колеса за счет возможности непрерывной обработки на токарно-фрезерном 5-осевом центре (рис. 3).



Рис. 2 . Гибкий метод Invomilling™

Помимо описанных выше методов обработки зубчатых колес на станках Okuma может быть осуществлена обработка фасонным инструментом (например, дисковыми фасонными фрезами серии CoroMill 171, рис. 4) – т.е. методом копирования. Для обработки конического колеса с круговым зубом может быть использован полноценный 5-осевой обрабатывающий центр серии MU. Геометрия впадины будет получена стандартным инструментом за счет программирования.

ЧПУ, или же может быть применена специальная резцовая головка для обработки конического зуба.

Выводы. При разработке технологических маршрутов обработки деталей, нужно лишь шире использовать накопленный опыт, смелее применять и внедрять зарубежные и отечественные научно-технические наработки, эффективнее задействовать современные расчетные программы и расчетные комплексы.

Література

1. Марголит, Р.Б. *Технология машиностроения: учебник для академического бакалаврата* / Р.Б. Марголит. – М.: Издательство Юрайт, 2019. – 413 с. – (Серия : Бакалаврат. Академический курс).
2. *Формообразование цилиндрических колес методом зуботочения* / Н.И.Величко // *Вісник НТУ «ХПІ» Серія : Проблеми механічного приводу*. – Х.: НТУ «ХПІ». – 2013. - № 41 (1014). – С.23-27.
3. *Решения для зубообработки. Руководство*. / *Каталог шведской компании «SANDVIC coromant» 2015* – С. 26 .

О.С. Билина, В.К. Сенченко, Н.Д. Домнічева, викладач
(Україна, Кривий Ріг, Гірничо-електромеханічний коледж Криворізький національний університет)

ПРОГРАМУВАННЯ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ НА ОБРОБЛЮВАНОМУ ЦЕНТРІ HAAS VF-5/50

Актуальність дослідження

Технічний прогрес рухається вперед. Щорічно виходять в світ нові розробки, нове промислове обладнання, нові автомобілі, пристрої, що прискорюють і полегшують виробничий процес, і багато іншого. Ми з радістю випускаємо нововведення в сучасне життя, однак при цьому не замислюємося, що змушує промислові пристрої бути надійніше, швидше, продуктивніше та зручніше.

Програмне керування верстатом - це автоматичне керування його роботою за програмою, заданої у вигляді чисел або символів, що визначають величини і характер переміщень виконавчих органів. В програмне керування верстатами широко застосовують системи, які значно скорочують час переналагодження верстата, забезпечують високу точність і стабільність обробки.

Метою даної наукової роботи є виявлення найефективніших новітніх методів обробки деталей на верстатах з ЧПК.

Об'єктом дослідження є токарний верстат HAAS.

Предметом дослідження є програмування обробки деталі на токарному верстаті HAAS.

Ідея роботи полягає в тому, щоб розробити програму для токарного верстату.

Завдання даної наукової роботи:

- вивчити можливості токарного верстата HAAS;
- проаналізувати можливості програмного продукту HAAS;
- розробити технологічний процес для обробки деталі;
- розробити відповідну керуючу програму для обробки деталі на токарному верстаті HAAS.

Методи дослідження:

- аналіз відповідної навчальної та технічної літератури;
- консультації

Наукова новизна роботи: на сьогоднішній день розроблені і широко застосовуються в промисловості різні програми та верстати для обробки металевої поверхні. Haas Automation пропонує повну лінійку продуктів американського виробництва для всіх потреб обробки. А високоякісні машини Haas розроблені для простого технічного обслуговування, легкого налаштування і недорогої експлуатації.

Про токарний станок

Haas пропонує широкий асортимент конічних верстатів серії 50 VF, щоб відповідати розмірам і вимогам виробництва. Ці робочі конячки добре підходять для високих швидкостей видалення матеріалу, незалежно від того, який тип різання ви берете. Крім того, вони оснащені оновленим пакетом функцій, який включає в себе пристрій зміни інструменту з боковим кріпленням, шнек для стружки, програмований сопло для охолоджуючої рідини і дистанційну ручку управління.

Програма HAAS

Сутність полягає у простоті даної програми. Кожна машина Haas оснащена зручним для користувача управлінням Haas з ЧПУ - розробленим і виготовленим власними силами і оптимізованим спеціально для цих верстатів. Інженери Haas розробили простий, повнофункціональний елемент управління Haas, щоб його було легко освоїти і використовувати. Інтуїтивно зрозуміле управління включає в себе повноцінну буквено-цифрову клавіатуру і дозволяє управляти багатьма багатокроковими функціями однією кнопкою. Однією із таких функцій є «**Функції інструмента**». До цієї функції входить: відхилення інструменту, компенсація носу інструменту та круговий інтерполяційний рух.

Відхилення інструменту полягає у встановленні негативного зносу інструменту в зсувах зносу інструменту та переміщує інструмент далі по протилежному напрямку осі. Таким чином, для О.Д.(обробки деталі) поворот і облицювання, встановлюється негативний зсув по осі X в меншій частині діаметра і встановлення від'ємного значення в осі Z призводить до більшого зрізу матеріалу.

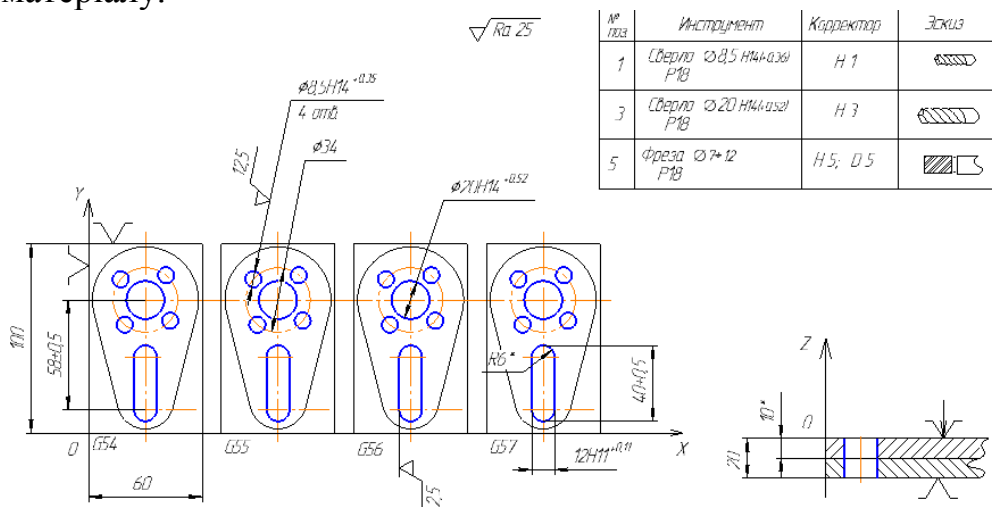


Рис.1. Деталь

%
O00008
G90 G21 G40 G80 G17
(RUCHAG 743.143.001 SV)
(SV 8.6)
T1 M06
G00 G90 G54 X30. Y70.
S1000 M03
G43 H01 Z30. M08
G83 G98 Z-26. F60. R3. Q40.
X40.9 Y83.
X17. Y80.9
X19.1 Y57.
X43. Y59.1
X30. Y40.
Y30.3
Y20.6
Y11.

Висновок.Результати даної роботи та досліджень можуть бути використані не тільки на підприємствах металургійного промисловості та машинобудування, але й в навчальному процесі , на такому предметі як «Система ЧПК в механічній обробці».

Література:

1.www.haascnc.com

2.www.tc.kpi.ua

УДК 681.5.003.2:[669.018.255:539.374]

Р.П. Ковальчук, В.О. Клёнкин, Ю.А. Малиновский, канд.техн.наук, доц.
(Украина, Кривой Рог, Криворожский колледж НАУ)

ОБОСНОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМОВ НА КАЧЕСТВО ГОТОВЫХ ИЗДЕЛИЙ ПРИ ИХ ОБРАБОТКЕ МЕТОДАМИ ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ С ПОЗИЦИИ ВОЛНОВЫХ И АВТОКОЛЕБАТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ.

При рассмотрении практических задач, связанных с повышением производительности и улучшением качества изделий получаемых методами пластического деформирования не всегда удается получить положительный результат без учета переходных процессов при взаимодействии рабочего органа и заготовки.

В задачах где основным процессом является формообразование, возникают вопросы, связанные с учетом проявленных эффектов, не в зоне воздействия

формирующих элементов (валки, штампа или протяжки), а вне этой зоны, как правило до подхода формирующего элемента к формообразующим поверхностям (перед моментом контакта поверхностей).

Типичным примером проявления таких эффектов является возникновение и распространение волн деформации вдоль заготовки, обусловленных раскачкой параметрических процессов вне зоны взаимодействия инструмента и заготовки. Такие явления приводят к нарастанию амплитуд колебаний в поверхностных слоях деталей что несомненно дает повышение напряженного состояния этих слоев и может способствовать возникновению в них критических напряжений, и является причиной возникновения в этих слоях трещин, разрывов, шелушения и других нарушений целостности.

По имеющимся данным эксплуатации машин по холодной обработке металлов давлением, характеру износа рельсов и колес подвижного состава, а так же других взаимодействующих деталей с линейными и криволинейными очертаниями следует, что такого рода явления имеют место как при холодной обработке металлов давлением, так и при любых других видах взаимодействующих деталей (например, цилиндрический каток и пластина, штамп и плоскость, пара взаимодействующих цилиндрических деталей).

В общем случае идет речь об возникновении волновых и автоколебательных процессов происходящих в верхних слоях заготовок, принудительно подаваемых в зону взаимодействия рабочего органа и обрабатываемого материала. При описании процессов происходящих путем захвата заготовки (в начальный момент взаимодействия или взаимодействия детали с инструментом - подхват детали после пробуксовки) происходит внезапное (пиковое) приложение внешней нагрузки, как на саму заготовку, так и на ее поверхностные слои.

В этом случае внезапно приложенная нагрузка вызовет продольные и поперечные волновые переходные процессы как в поверхностных так и внутренних слоях заготовки. Такие процессы, происходящие в поверхностных слоях опирающиеся на внутреннее упругое основание, вследствие высоких поверхностных касательных нагрузок и незначительной толщины материала на границе раздела двух сред приводят к остаточным деформациям и нарушениям целостности этих слоев.

Кроме того волновые продольные и поперечные процессы пройдут по всей высоте заготовки, и по истечению некоторого периода времени затухнут. Вместе с тем поперечные и продольные процессы, в силу их неустойчивых характеристик и значительной динамичности могут привести к потере динамической устойчивости в зоне прилегающей к границе раздела упрочненной и неупрочненной упругих сред для заготовки.

Эти явления обычно проявляются в виде сколов, трещин, элементов выкрашивания в готовом изделии. На основании выполненных исследований разработаны рекомендации, которые помогут избежать производственных дефектов при обработке такого вида изделий.

НЕОБХІДНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У МАШИНОБУДУВАННІ В УКРАЇНІ

Одним із найактуальніших завдань сучасного розвитку економіки України є створення умов ефективного і динамічного переходу до ринкових відносин. В цих умовах особливої гостроти набуває необхідність розвитку підприємницької активності, діяльність підприємств і організацій, спрямованих на споживача, і кінцевий результат - прибуток.

Однією з важливих ознак сучасного розвитку української держави є спрямованість економіки на підвищення конкурентоспроможності підприємств, модернізацію виробництва, впровадження нових технологій та устаткування. Провідна роль у цих процесах належить галузі приладобудування, машинобудування, які виробляють засоби вимірювань, аналізу, обробки і надання інформації, обладнання регулювання, автоматичні й автоматизовані системи управління. За рівнем наукоємності дана галузь повинна залишатись провідною галуззю вітчизняного виробництва.

Наукові ідеї, які народжувались у ній, забезпечували надійність роботи пристроїв у космонавтиці, радіоелектроніці, ракетобудуванні та літакобудуванні, в цілому відображали стан науково-технічного розвитку України. Виробництво сьогодні у сфері приладобудування, в загальному експорті виробництва сьогодні не перевищує 5%.

Кризова ситуація в економіці України ще раз висвітлила критичні для безпеки країни чинники:

- односторонність розвитку промислового виробництва з ухилом на сировинні галузі, а саме, на металургію, нафтохімію та послуги з транспортування нафти і газу;
- експортну спрямованість переважно на ринок Росії;
- нерозвиненість внутрішнього ринку;
- малу питому вагу вітчизняного машинобудування в загальному обсязі промислового виробництва (14%) і, як наслідок, неадекватне зростання імпорту з величезними кредитними запозиченнями за кордоном.

Існує також низка системних проблем в економіці України, що заважають прискоренню процесів економічного розвитку через бюрократизацію, надмірний контроль, корупцію, непрозорість, політичну залежність законодавчої системи.

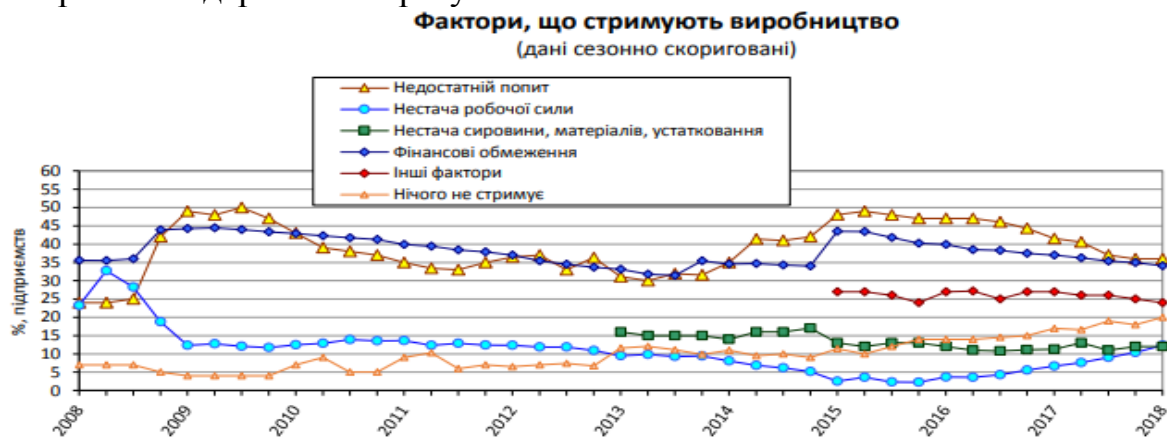
Основні проблеми сучасного розвитку машинобудування:

- скорочення витрат на розвиток національного виробництва;
- зниження попиту на інвестиційну техніку;
- втрата ринків збуту, скорочення експорту;
- ліквідація зони вільної торгівлі між Україною і СНД, розрив економічних відносин з Росією;
- скорочення внутрішнього ринку;
- відсутність модернізації машинобудівного виробництва;
- технологічне відставання;

- втрата інвестиційної привабливості;
- зниження конкурентоспроможності продукції;
- критична зношеність основних фондів.

Аналіз наукових досліджень дозволив дійти висновку, що усі проблеми, які характеризують сучасний стан машинобудівної галузі України, можливо згрупувати у наступні 5 групи:

- проблеми територіальної доцільності розміщення;
- проблеми внутрішнього ринку;
- проблеми фінансового забезпечення;
- проблеми інноваційного забезпечення;
- проблеми кадрового забезпечення;
- проблеми державного регулювання.



Діаграма 1 - Фактори, що стримують виробництво



Діаграма 2 - Питома вага машинобудування за 2013-2018 роки

Що взагалі значать CAE/CAM/ та CAWS у машинобудуванні?

1)CAE:

Функції CAE-систем досить різноманітні, так як пов'язані з проектними процедурами аналізу, моделювання, оптимізації проектних рішень. До складу машинобудівних CAE-систем перш за все включають програми для виконання наступних процедур:

- моделювання полів фізичних величин, в тому числі аналіз міцності, який найчастіше виконується відповідно до МСЕ;
- розрахунок станів об'єктів, що моделюються і перехідних процесів в них засобами макрорівня;
- імітаційне моделювання складних виробничих систем на основі моделей масового обслуговування та мереж Петрі.

2)CAD:

Функції CAD-систем в машинобудуванні підрозділяють на функції двовимірного (2D) і тривимірного (3D) проектування. До функцій 2D відносять креслення, оформлення конструкторської документації; до функцій 3D - отримання тривимірних геометричних моделей, метричні розрахунки, реалістичну візуалізацію, взаємне перетворення 2D і 3D моделей. Тривимірні моделі представляють у вигляді опису поверхонь, що обмежують деталь, або зазначенням елементів простору, займаних тілом деталі. Моделі поверхонь складної форми отримують за допомогою різновидностей кінематического методу, до яких відносять витягування заданого плоского контуру по нормалі до його площини, протягування контуру уздовж довільної просторової кривої, обертання контуру навколо заданої осі, натягування поверхні між декількома заданими перетинами.

До важливих характеристик CAD-систем відносяться параметризація і асоціативність. Параметризація передбачає використання геометричних моделей в параметричній формі, тобто при поданні частини або всіх параметрів об'єкта не константами, а змінними. Параметрична модель, яка перебуває в базі даних, легко адаптується до різних конкретним реалізаціям і тому може використовуватися в багатьох конкретних проектах. При цьому з'являється можливість включення параметричної моделі деталі в модель складального вузла з автоматичним визначенням розмірів деталі, що диктуються просторовими обмеженнями. Ці обмеження у вигляді математичних залежностей між частиною параметрів збірки відображають асоціативність моделей.

3)CAM:

Основні функції CAM-систем: розробка технологічних процесів, синтез керуючих програм для технологічного обладнання з ЧПУ, моделювання процесів обробки, в тому числі побудова траєкторій відносного руху інструмента і заготовки в процесі обробки, генерація постпроцесорів для конкретних типів устаткування з ЧПУ, розрахунок норм часу обробки.

Для цих цілей використовують спеціалізовані мови, прикладом яких може служити мова АРТ (Automatically Programmed Tools), що відноситься до мов високого рівня. У мові АРТ є такі групи команд:

- ідентифікують - для зазначення назви оброблюваної деталі і типу використовуваного постпроцесора;
- геометричні - для вказівки геометричних особливостей деталі;
- керуючі переміщеннями різального інструменту;
- керуючі режимами обробки (визначають швидкість подачі, швидкість обертання шпинделя, включення охолодження і т.п.);

- додаткові (наприклад, вибір інструменту).

Машинобудування є фундаментом економічного потенціалу країни, від рівня ефективності діяльності його підприємств залежить стан її соціально-економічного розвитку. Підприємства машинобудування відіграють важливу роль у реалізації досягнень науково-технічного прогресу всіх галузей країни, у забезпеченні інноваційної складової розвитку вітчизняної економіки. Але сьогодні підприємства вітчизняного машинобудування перебувають не у кращому стані, невисокою є ефективність їх діяльності. Погіршення стану машинобудівних підприємств є наслідком зменшення інвестицій в їх діяльність, наявності дебіторської та кредиторської заборгованостей, відсутності технічного переоснащення, невідповідності продукції стандартам якості, наявності значної кількості ресурсів, які не використовуються. Це зумовлює необхідність пошуку способів та засобів, які можуть сприяти переходу вітчизняних машинобудівних підприємств у кращий стан.

Література:

1. Глобальна конкурентоспроможність. Доповідь. Всесвітній економічний форум, 2008р. *The Global Competitiveness Report 2009 — 2010. — 2012* [Електронний ресурс] *World Economic Forum*. - Режим доступу: <http://rpl.net.ua/>
- 2 Каплан Р. Сбалансованная система показателей / Р. Каплан, Д. Нортон. - М., ЗАО "Олимп-Бизнес", 2013. - 320с.
3. Каплан Р., Стратегические карты. Трансформация нематериальных активов материальные / Р. Каплан, Д. Нортон. — М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2015 — 512 с.
4. Шериньова З.Є. Стратегічне управління: підручник. - 2-ге вид., перероб. і доп. - К.: КНЕУ, 2014. - 699 с.

УДК 621.835

Крайник Ю. Л, Ясько С.Г.

(Україна, Полтава, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка)

ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ЗАЛЕЖНОСТІ МІЦНОСТІ КЛЕЙОВИХ З'ЄДНАНЬ НАПРЯМНИХ ЕЛЕМЕНТІВ УСПШ

Дана робота присвячена експериментальним дослідженням міцнісних і точностних характеристик клейового з'єднання напрямних елементів з базовими елементами штампів універсальних збірних переналагоджуваних штампів (УЗПШ). Проведені дослідження за результатами математичної обробки експериментів дозволили визначити функціональну залежність міцності клейового з'єднання на основі епоксидних смол направляючої колонки, в базових плитах універсально-збірних переналагоджуваних штампів. Змінення зусилля випресовування при збільшенні діаметру і фіксованих значеннях довжина насадок частини має малу інтенсивність. Встановлено, що теоретичні результати по визначенню функціональної залежності міцності клейового з'єднання відрізняються не більше, ніж на 5%, причому міцність клейового з'єднання вище в 2,2 – 2,4 рази в порівнянні з пресовою насадкою напрямних колонок і значно вище точність їх встановлення в базових плитах.

На сьогоднішній день для технологічного оснащення операцій листового штампування створені, впроваджені і успішно експлуатуються універсально-збірні переналагоджувані штампи (УСПШ), в яких закладена автономна система направлення, що дозволяє проводити встановлення напрямних елементів в потрібних, з технологічної і конструктивної точок зору, місцях базових плит [1-4] наступною особливістю системи напрямку є спосіб її закріплення.

Постановка завдання дослідження. На відміну від закріплення напрямних елементів в спеціальних штампах по пресовій посадці в даних конструкціях застосований спосіб закріплення і точного центрування посадкових частин напрямних колонок і втулок за допомогою клейових матеріалів на основі епоксидних смол [5-7], що значно впливає на точність виконання і установа напрямного блоку, оскільки він грає особливо важливу роль в системі прес – направляючий блок – ріжучі частини штампа.

Однак в технологічній літературі з цього питання відсутні будь-які нормативні матеріали та рекомендації щодо вибору параметрів клейового з'єднання напрямних елементів.

Мета роботи: експериментально дослідити характеристики міцності і точності клейового з'єднання напрямних елементів з базовими штампами УСПШ.

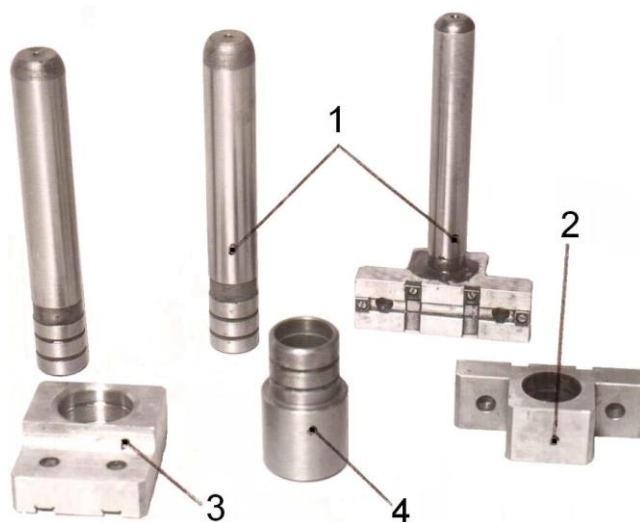


Рис. 1. Напрямні елементи: а – УСПШ-16; б – УСПШ-8;
1 – напрямна колонка; 2 – нижня обойма; 3 – верхня обойма;
4 – напрямна втулка

Основний матеріал. Функціональна залежність міцності клейового з'єднання виведена шляхом математичної обробки результатів експериментів.

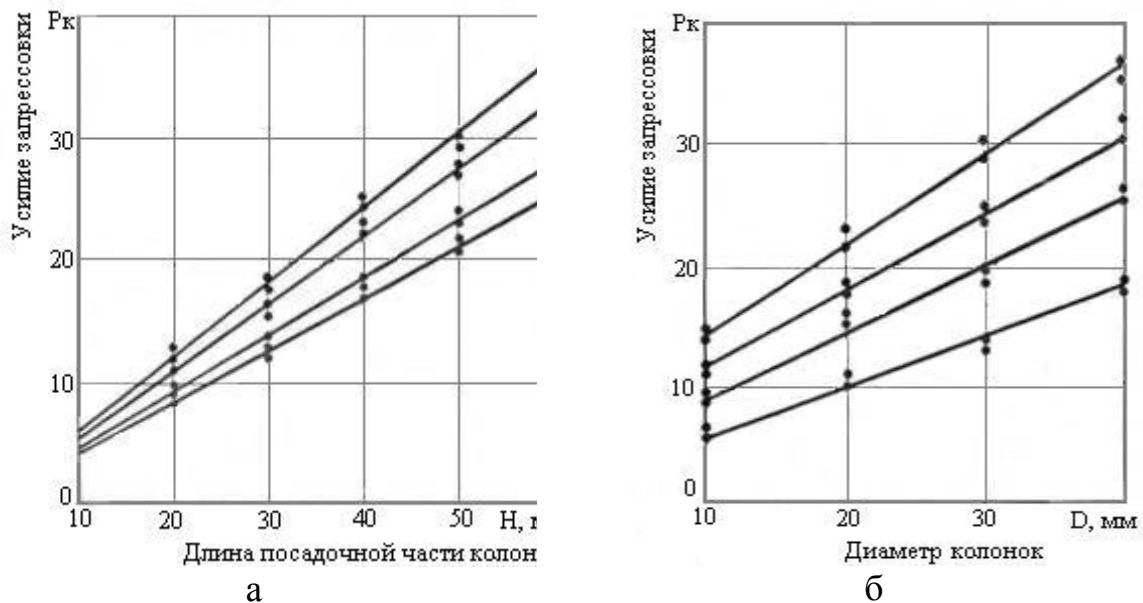


Рис. 2. Залежність зусилля випресовування від довжини посадкової частини H (а) і діаметра D (б) напрямних елементів

В якості змінних величин розглядалися зусилля випресовування (P_k), діаметр (D) і довжина посадкової частини (H) напрямних елементів.

Для полегшення визначення функціональної залежності між величинами дані експериментів представлені в графічному вигляді (рис. 2). Зіставлення всіх отриманих результатів показало, що змінні величини P_k і H при фіксованих значеннях D пов'язані між собою такою залежністю, що функцію можна прийняти як пропорційну.

Змінення P_k при збільшенні D і фіксованих значеннях H не інтенсивне. Тому функціональна залежність змінної P_k від змінних D і H була обрана у вигляді:

$$P_k = a \cdot D^m \cdot H^n, \quad (1)$$

де значення величин P_k , D і H отримані експериментальним шляхом.

Невідомі параметри: коефіцієнт a й показники ступенів m і n визначались методами регресійного аналізу. Остаточне вираз зусилля випресовування:

$$P_k = 58,2D^{0,62} \cdot H. \quad (2)$$

Обчислення зусиль P_k при значеннях D_i , та H_i за формулою (2) показало, що максимальна відносна помилка відхилень значень P_k , отриманих експериментальним шляхом, не перевищує 5%. Для практичних розрахунків формулу (2) зручніше представити в логарифмічному вигляді: $\lg P_k = 1,7649 + 0,62 \lg D + \lg H$.

Встановлено, що зміна міцності клейового з'єднання відбувається прямо пропорційно збільшенню бічної поверхні деталей, що з'єднуються. Так, при зміні бічній поверхні направляючої колонки з 1884 мм^2 на 3768 і 7536 мм^2 зусилля випресовки збільшується від 18,5 до 37,0 тс.

Таблиця 1 - Експериментальні дані зусилля випресовування (P_k) в залежності від площі бічної поверхні (F)

№ п/п	F , мм ²	P_k , кгс	№ п/п	F , мм ²	P_k , кгс
1	1884,0	9000	9	5086,0	24562
2	2834,0	13560	10	5652,0	27082
3	3014,0	14612	11	5682,0	27291
4	3391,2	16375	12	6028,8	29252
5	3673,8	18250	13	6280,0	30080
6	3768,0	18055	14	6782,4	32749
7	4521,6	22110	15	7536,0	36109
8	5024,0	24350			

Функціональна залежність зусилля випресовування напрямних елементів від величини їх бічної поверхні виведена шляхом математичної обробки результатів експериментів, отриманих за таких умов: товщина клейової плівки 0,2 мм, шорсткість поверхні R_z 215, поверхня напрямних елементів без канавок. Дані експериментів представлені в табл. 1.

На рис. 3. представлена графічно залежність зусилля випресовування P_k , від величини бічної поверхні направляючої колонки F .

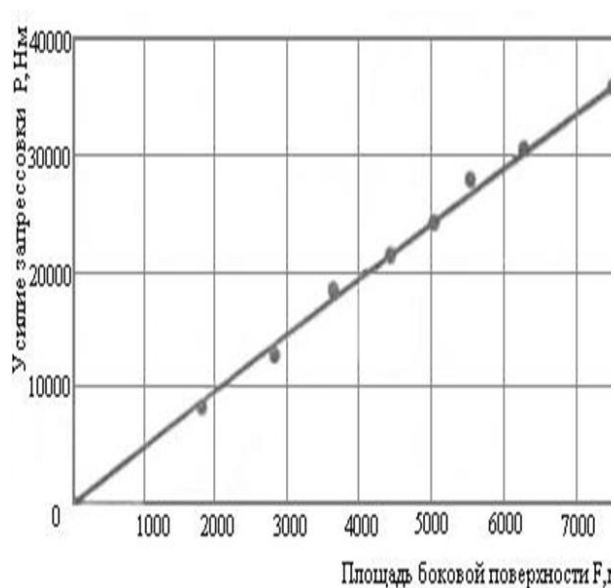


Рис. 3. Залежність зусилля випресовування від площі бічної поверхні

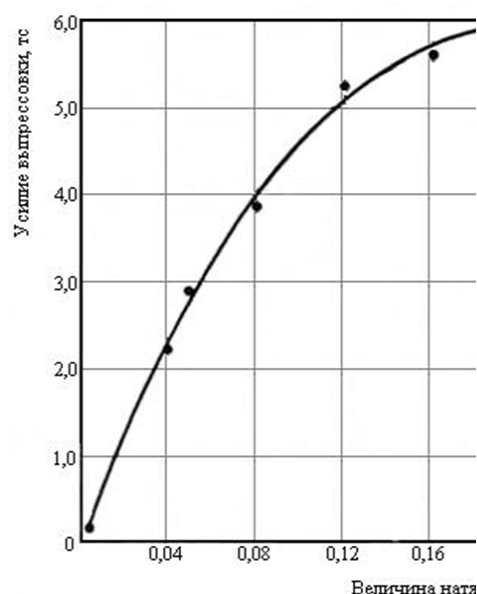


Рис. 4. Залежність зусилля випресовування від величини натягу

З графіка випливає, що емпірична формула залежності $P = f(F)$ може бути прийнята

$$P = a \cdot F^{\alpha} \quad (3)$$

де a та α – невідомі параметри, які необхідно визначити.

Після обробки експериментальних даних функціональна залежність (3) набуває вигляду

$$P = 4,8 \cdot F \quad (4)$$

Результати обчислень значення P за формулою (4) відрізняються від експериментально отриманих не більше ніж на 5%.

Для визначення необхідного зусилля випресовування при з'єднанні напрямних елементів штампів по пресовій посадці була виконана серія експериментів з направляючими колонками $\varnothing 26$ мм, виготовленими за 6 класом точності. Довжина посадкової частини становила 30 мм. Величина натягу змінювалася в широких межах від 0,002 до 0,2 мм за рахунок зменшення діаметра посадкової частини колонок. Результати експериментів показані на рис. 4.

Порівняння отриманих даних з результатами експериментів по закріпленню напрямних колонок $\varnothing 26$ мм заливанням епоксидним компаундом показало, що зусилля випресовування при клейовому з'єднанні збільшувалося в 2,2 - 2,4 рази. Представляє практичний інтерес питання про точність розташування напрямних колонок. При їх запресуванні в базові плити відхилення від перпендикулярності останніх до робочої поверхні плити становило від 0,1 до 0,15 мм на довжині 100 мм, а в аналогічному випадку при клейовому з'єднанні 0,05-0,08 мм на довжині 200 мм.

Висновки:

1. Теоретично визначена функціональна залежність міцності клейового з'єднання і напрямних елементів.

2. Експериментально встановлено, що за таких умов: товщині клейової плівки 0,2 мм, шорсткості поверхні $Rz 215$ теоретичні результати відрізняються від експериментальних не більше ніж на 5%.

3. Зусилля випресовування при клейовому з'єднанні в порівнянні з пресовою посадкою колонок підвищувався в 2,2 - 2,4 рази при значному зменшенні від перпендикулярності направляючої колонки до робочої поверхні плити УСПШ, що становить не більше 0,05 – 0,08 мм на довжині 200 мм.

Література:

1. Романовский, В. П. Надежность и долговечность системы универсально-сборных штампов [Текст] / В. П. Романовский, А. Я. Мовшович // Вестник машиностроения. – 1972. – № 6. – С. 61-64.
2. Буденный, М. М. Перспективы развития исследований и разработка новых конструкций штамповой оснастки на основе композитов [Текст] / М. М. Буденный // Резание и инструмент в технологических системах. Сборник научных трудов Харьковского государственного политехнического университета «ХПИ». – Вып. 58 – X., 2005. – С. 25-28.
3. Мовшович, А. Я. Оценка надежности универсально-сборных штампов в условиях дискретно-нестабильных программ выпуска изделий [Текст] / А. Я. Мовшович, Н. К. Резниченко, Г. И. Ищенко, В. В. Агарков // Машинобудування. Збірник наукових праць Української інженерно-педагогічної академії «УІПА». – Вып. 6. – X., 2010. – С. 133 – 142.
4. Чижиков, Н. В. Аналитическая оценка надежности систем обратимых штампов [Текст] / Н. В. Чижиков, М. М. Буденный // Технічний прогрес та ефективність виробництва: зб. наук. пр. Нац. техн. у-ту «ХПИ». – Вып. 91. – X., 2009. – С. 83 – 89.
5. Дебройн, Н. А. Адгезия, клеи, цементы, припой Перевод с английского / Н. А. Дебройн. – М.: Изд. иностр. литературы. – 1954. – С. 584.
6. Дерягин, Б. В. Исследования в области прилипания и клеящего действия [Текст] / Б. В. Дерягин. – М. – Л.: Изд. АН СССР, 1979. – 244 с.

7. Жолткевич, Н. Д. Применение эпоксидных компаундов для закрепления направляющих элементов штампов / Н. Д. Жолткевич, В. И. Денисов, А. Я. Мовшович, А. Л. Хаатович. – Киев: Технология и организация производства. – 1978. – № 4. – С. 31 – 34.

УДК. 621.923.5

Прокопов О.В., Щербина К.К.

(Україна, Кропивницький, Кропивницький Центральнуукраїнський національний технічний Університет)

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВЗДОВЖНЬОЇ СТАЛОСТІ ПРУЖНО-ГВИНТОВОГО ХОНА В СИСТЕМІ SOLIDWORKS SIMULATION

Наведено процес деформації пружно-гвинтового хону в осьовому напрямку з дослідженням різного конструктивного виконання замкненого гвинтового пазу. На підставі дослідження виведено математичні моделі деформації вигину геометричної вісі пружно-гвинтового хону при статичних навантаженнях в умовах додаткового опору пружним деформаціям. Для перевірки отриманих математичних моделей проведено дослідження твердотільної моделі, на основі методу кінцевих елементів в середовищі SolidWorks Simulation з визначенням оптимальної конструкції пружно-гвинтового хону.

Considered the deformation process of helical hone in the axial direction in order to determine deviations of the tool relative axis, which directly influences the generating line of the hole under treatment. The first stage presented theoretical research of the locked ends of the helical groove in the elastic deformed cover which leads to the resistance to the resilient deformations. As a result of the research we developed mathematical models of the axis deformation of the elastic deformed cover. The models indicate the presence of deviations. In order to check the mathematical models we studied a solid model on the basis of finite elements method in the SolidWorks Simulation that proved the mathematical models. On the basis of the results we held updating of the elastic deformed cover with relieving the locked helical groove by application of the relieving circular grooves at both sides. The optimality of the construction has been proved by the research in SolidWorks Simulation.

Постановка проблеми. В результаті проведеного дослідження існуючих алмазно-абразивних інструментів (хонінгувальна головка та алмазна розвертка) для обробки отворів [1,2,3] виявлено ряд недоліків.

По-перше, хонінгувальна головка не дозволяє чітко відреагувати на зміну сили різання, яка пов'язана з геометричними відхиленнями оброблюємого отвору, як в повздовжньому, так і в поперченому перерізі. Даний негативний ефект пов'язаний з наявністю статичного та кінематичного тертя в ланках хонінгувальної головки [4]. Також, обробка шліцевих та переривчастих отворів малих діаметрів призводить до ускладнення конструкції хонінгувальної головки та обмежень по величині діаметру оброблюємого отвору [4].

По-друге, алмазна розвертка не дозволяє використання її в умовах автоматизованого виробництва, що обумовлено ручним налаштуванням необхідного розміру на обробку, та вимагає постійного контролю за процесом зношування.

Метою роботи є визначення осьової деформації пружно-гвинтового хону (ПГХ) при різних конструктивних його виконаннях.

Дослідження деформації ПГХ при однобічному розміщенні кінцівок виявило, що дія моментів вигину викличе пружну деформацію геометричної вісі у вигляді однієї напівхвилі синусоїди, що призведе до еквідістантної деформації ПГХ. Отриманий вид деформації не прийнятний при експлуатації ПГХ [5].

Дослідження деформації ПГХ при опозитно віссесиметричному розміщенні кінцівок виявило, що дія моментів вигину викличе пружну деформацію геометричної вісі у вигляді двох напівхвиль синусоїди із зміною фази посередині довжини, що призведе до еквідістантної деформації ПГХ. Такий вид деформації також не прийнятний при експлуатації ПГХ [5].

Побудуємо 3D моделі ПГХ різних варіантів конструктивного виконання (рис.1). Приведено ПГХ з однобічними кінцями (рис.1, а) та ПГХ з опозитно віссесиметричним кінцями (рис.1, б). Різне просторове розміщення кінцівок повинно забезпечити різні види деформації при навантаженні в напрямку вісі Z.

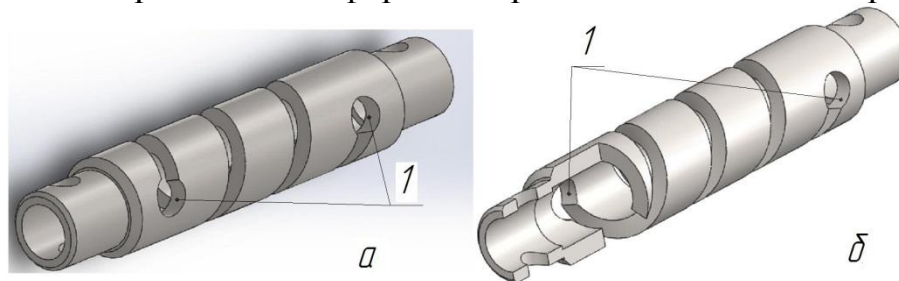


Рис.1. 3D моделі ПГХ різних варіантів конструктивного виконання:

а - ПГХ з однобічними кінцівками гвинтового пазу; б - ПГХ з опозитно віссесиметричними кінцівками гвинтового пазу; 1 – кінцівки гвинтового пазу.

Для ПГХ різного конструктивного виконання проведемо аналіз на визначення напружень (рис.2) та деформації (рис.3).

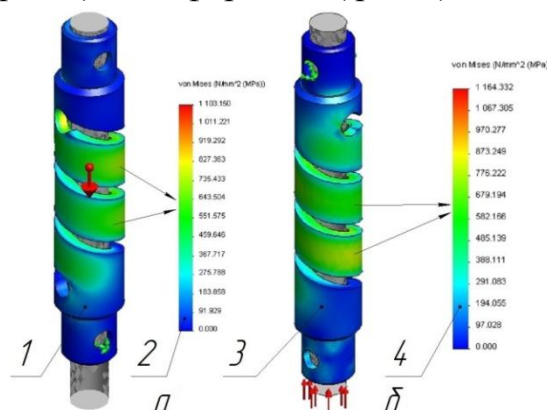


Рис. 2. Номінальне статичне навантаження ПГХ різних варіантів конструктивного виконання; 1 – ПГХ з однобічними кінцівками гвинтового пазу; 2 – напруження в МПа ПГХ з однобічними кінцівками гвинтового пазу; 3 – ПГХ з опозитно віссесиметричними кінцівками гвинтового пазу; 4 – напруження в МПа ПГХ з опозитно віссесиметричними кінцівками гвинтового пазу. а - з однобічними кінцівками гвинтового пазу; б - з опозитно віссесиметричними кінцівками гвинтового пазу;

Отримані результати по визначенню напруження в елементах ПГХ вказують на те, що напруження однакове по всій довжині деформації робочих витків і знаходиться для ПГХ з однобічним розміщення кінцівок замкнутого гвинтового пазу в межах 600 МПа, а для ПГХ з опозитно віссесиметричними кінцівками замкнутого гвинтового пазу - в межах 620 МПа

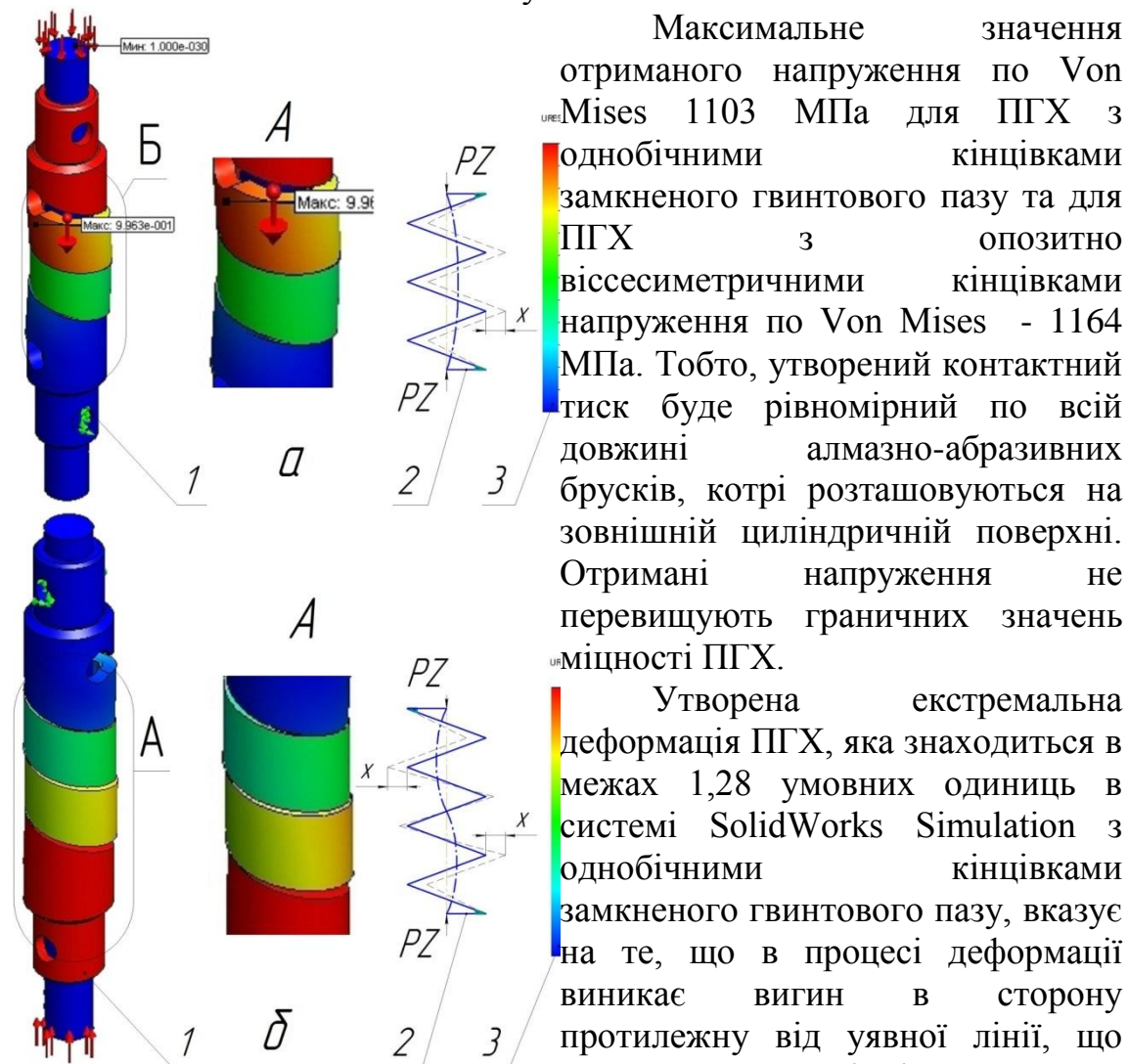


Рис.3 Екстремальне статичне навантаження ПГХ різних варіантів конструктивного виконання; 1 – ПГХ; 2 – теоретична схема деформації; 3 – відносна величина осьової деформації в системі SolidWorks Simulation: а - ПГХ з однобічними кінцівками б - ПГХ з опозитно віссесиметричними кінцівками;

Обумовлені види деформації приведених ПГХ є неприйнятними у зв'язку з нерівномірністю збільшення радіального розміру в діаметральній площині, що відповідає отриманим теоретичним припущенням.

Внаслідок значного впливу розміщення кінцівок замкненої гвинтової канавки на форму пружної деформації, можна зробити припущення про можливість впливу форми кінцівок на характер обумовлених деформацій.

Попередні теоретичні дослідження ПГХ вказали на можливість пружних деформацій вигину в залежності від конструктивного виконання.

Наявність замкненого наскрізного гвинтового паза дозволяє віднести процес деформацій ПГХ до тих, які відбуваються в умовах невідомого навантаження [5]. Постає питання: яким чином при наявності замкненого гвинтового паза зменшити вплив стиснення на умови деформації, враховуючи те, що наявність звільнення від стисненого стану неможливо через конструктивні особливості ПГХ?

Найбільш прийнятним способом зменшення впливу стиснення може бути введення конструктивного елемента, який провокує концентрацію напружень в зоні кінцівок гвинтового тіла. Як відомо із ряду робіт [1,2], концентратори напружень знижують міцність елементів деталі і створюють, таким чином, умови для пружних деформацій в визначених межах. В даному випадку, найбільш доцільно виконати концентратор у вигляді кільцевої канавки з якою буде спряжуватися замкнений гвинтовий паз.

Таким чином, можна висловити гіпотезу, що спосіб введення концентраторів напружень у вигляді розвантажувальної кільцевої канавки може забезпечити зменшення впливу сил стискання та виникнення напружень вигину.

Висновки. В результаті дослідження на побудованих твердотільних моделях в програмному продукті SolidWorks Simulation було виявлено:

- наявність впливу розміщення кінцівок гвинтового пазу на деформацію повздовж вісі;
- ПГХ при однобічному розміщенні кінцівок номінальне статичне навантаження становить 600 МПа, а екстремальне - 1103 МПа і має однобічну форму вигину;
- ПГХ при опозитно віссесиметричному розміщенні кінцівок номінальне статичне навантаження становить 620 МПа, а екстремальне - 1162 МПа і має синусоїдальну форму.
- комп'ютерним моделюванням ПГХ підтверджена гіпотеза про вплив концентратора напружень у вигляді кільцевої канавки на вилучення деформації вигину ПГХ.

Література:

1. Куликов С.И., Ризванов Ф.Ф., Романчук В.А., Ковалевский С.В. Прогресивные методы хонингования. Москва : Машиностроение, 1983. 334 с.
2. Фрагин И. Е. Новое хонингование. Москва : Машиностроение, 1980. 95 с.
3. Богородицкий Н.Н., Чубаров К.К., Лебедев Б.А. Технологическое оснащение хонингования . – Ленинград : Машиностроение, 1984. 237 с.
4. Підгасцький М.М., Щербина К.К. Динамічний аналіз традиційних систем регулювання радіального розміру в процесі хонінгування отворів. Вісник Хмельницького національного університету: Технічні науки. Хмельницький : ХНУ, 2014. №3 (213). С.134–138.
5. K. Scherbyna. Force depiction of the radial size change of the helical spring hone. Вісник Хмельницького національного університету: Технічні науки. Хмельницький : ХНУ, 2016. №2 (235). С.149 – 155 .

Денисенко Ю.О., Залога В.О., Івченко О.В., (Україна, м. Суми, Сумський державний університет), Кисилевська А.Ю., (Україна, м. Одеса, Одеський національний політехнічний університет)

ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ЩОДО ЯКОСТІ ПРОЦЕСІВ ІНСТРУМЕНТОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ В УМОВАХ CALS-ТЕХНОЛОГІЙ

В цій статті для підвищення ефективності прийняття рішень при управлінні якістю інструментальної підготовки виробництва авторами запропоновано впровадження та практичну реалізацію математичної моделі прийняття раціональних рішень в інформаційну систему машинобудівного виробництва.

In this article for the performance efficiency of the decision for managing the quality of the tool preparation the authors propose that practical and real-life mathematical models accept the solution to the information system of the engineering production.

Аналіз світового та вітчизняного досвіду свідчить, що якість процесів інструментальної підготовки виробництва (далі – ІПВ) має вагомий вплив не тільки на ефективність основного виробництва, а й на конкурентоспроможність підприємства в цілому [1,2]. Сучасні тенденції в удосконаленні діяльності машинобудівних підприємств при управлінні ІПВ тісно пов'язані з впровадженням новітніх технологій та сучасних методів управління якістю. З метою підвищення ефективності діяльності машинобудівні виробництва останнім часом широко впроваджують інформаційні системи управління, які відкривають широкий спектр можливостей. Одна з вагомих переваг сучасних інформаційних систем полягає в створенні єдиного інформаційного простору, що значно спрощує обмін інформацією, а також збір необхідних даних.

Існують окремі системи інструментозабезпечення, такі як AutoTAS, Leitz TIM, eTMS Tadcon, GTMS, які застосовують підхід до управління Tool Management і відповідають сучасним вимогам ефективного управління [3,4]. Проте в рамках даного підходу інструмент, а також його інформаційний супровід не охоплюють усі етапи життєвого циклу інструменту (інструмент або оснащення в цих системах виступає в якості ресурсу для вирішення конкретного виробничого завдання) і можуть бути використані в обмежених умовах. Тому при управлінні ІПВ запропоновано використовувати принципи CALS-технологій, які широко використовуються при виготовленні продукції основного виробництва й дозволяють створювати і аналізувати великі масиви даних в найкоротший строк на кожному етапі життєвого циклу (включаючи експлуатацію, утилізацію тощо) [5].

Для вирішення питання прийняття раціональних рішень по оперативному управлінню якістю інструментальної підготовки виробництва (ІПВ) в роботі [6] була запропонована математична модель визначення раціональної стратегії в інформаційній системі ІПВ, яка базується на застосуванні методу оптимізації на графі. Особливістю запропонованої моделі є можливість використання єдиного

інформаційного простору для збирання інформації про техніко-економічні показники системи ІПВ та витрати на її якість, а також надання можливості керівнику прийняти рішення на кожному процесу і повернути його по одному з декількох варіантів шляхів. Проте на даний момент актуальним питанням є вдосконалення процесів впровадження цієї моделі в інформаційну систему підприємства, яка базується на використанні принципів CALS-технологій.

Тому **метою цієї роботи** є підвищення ефективності інструментальної підготовки виробництва шляхом впровадження математичної моделі прийняття раціональних рішень в інформаційну систему машинобудівного виробництва (при умові функціонування CALS-технологій).

Запропонована в роботі [6] математична модель базується на застосуванні цільової функції оптимізації – функція визначення коефіцієнта сталого розвитку ІПВ в інформаційній системі підприємства:

$$K_{\text{ст}} = Q_{\text{я}} \cdot \sum_{j=1}^m \sqrt[6]{\left(\frac{B_6}{\sum_{j=1}^m B_j} \right)^{\gamma_1}} \cdot K_{oj}^{\gamma_2} \cdot K_{ej}^{\gamma_3} \cdot K_{яj}^{\gamma_4} \cdot K_{ej}^{\gamma_5} \cdot K_{cj}^{\gamma_6} \rightarrow \min \quad (1)$$

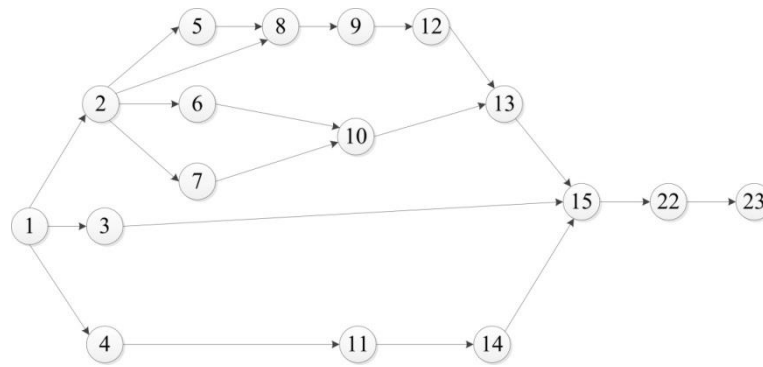
де $Q_{\text{я}}$ – показник якості процесу ІПВ; B_j – витрати на якість процесів ІПВ; B_6 – базовий показник витрат на якість процесів ІПВ; K_o , K_b , $K_{\text{я}}$, K_e , K_c – відповідно організаційно-технічний, виробничий, якості процесів ІПВ, екологічний та соціальний комплексні техніко-економічні показники (далі – ТЕП), які розраховуються для кожного процесу життєвого циклу ІПВ; $\gamma_1, \dots, \gamma_6$ – коефіцієнти вагомості комплексних ТЕП відповідно: організаційно-технічного, виробничого, якості процесів ІПВ, екологічного та соціального.

Обмежувачими умовами виступають: час забезпечення технологічним оснащенням (далі – ТО) основного виробництва та вимога кваліметрії, при якій сума коефіцієнтів вагомості має дорівнювати одиниці.

Задача прийняття раціональних рішень зводиться до застосування методу оптимізації на графі – знаходження найкоротшого шляху.

Враховуючи вищезазначене, запропонована модель прийняття раціонального рішення в ІПВ була впроваджена на прикладі процесів тактичного рівня ІПВ (рисунок 1) за допомогою розробленого програмного забезпечення «Пошук найкоротшого шляху», яке дозволяє отримати результатну інформацію для прийняття рішень в ІПВ.

На рисунку 1 показані 5 типових стратегій розвитку процесів ІПВ: виготовлення інструменту/ТО (шлях графу 1-2-5-8-9-12-15); модернізація інструменту/ТО (шлях графу 1-2-6-10-13-15); складання уніфікованого ТО (шлях графу 1-2-7-10-13-15); використання інструменту/ТО, що є в наявності (шлях 1-3-15); закупівля інструменту/ТО (шлях графу 1-4-11-14-15).



1 - виявлення потреб в інструменті/ТО, уніфікації та нормативному забезпеченні; 2 – прийняття рішення про виготовлення, модернізацію інструменту/ТО чи використання збірного ТО; 3 – прийняття рішення про використання інструменту/ТО, що є в наявності; 4 – прийняття рішення про закупівлю уніфікованого інструменту/ТО; 5 – розроблення проекту на виготовлення інструменту/ТО; 6 - розроблення проекту на модернізацію інструменту ТО; 7 - розроблення проекту на складання ТО; 8 – підготовка плану випуску інструменту або ТО; 9 – закупівля матеріалів; 10 – закупівля комплектуючих; 11– закупівля інструменту/ТО; 12 – виготовлення інструменту/ТО; 13 – приймально-здавальні випробування інструменту/ТО; 14 – приймальні випробування інструменту/ТО; 15 – зберігання інструменту/ТО; 22 – ремонт ТО; 23 – утилізація ТО.

Рис. 1. Граф станів процесів тактичного рівня ІС ПІВ

В якості прикладу запропоновано прийняття раціонального рішення для забезпечення різцями 2103-0714 ВК8 деталі «Вал 1.3910-650.10-02» на машинобудівному підприємстві. Перший етап полягає в створенні бази вхідних даних, які формуються в інформаційній системі підприємства. Після збору вхідної інформації дані переносяться до програмного забезпечення «Пошук найкоротшого шляху». На першому етапі відбувається побудова графу станів процесів ПІВ на тактичному рівні, який відповідає рисунку 1, а також заповнюється матриця суміжності. Якщо різців в наявності немає, то вершина 3 (шлях 1-3-15) виключається. Далі обирається номер початкової та кінцевої вершин та натискається кнопка «Знайти найкоротший шлях». Після цих дій програма пропонує найкоротший шлях, рисунок 2. При виключенні вершини 3, тобто шляху «використовувати 10 різців, що є в наявності» програма пропонує рішення – «придбати 10 різців».

Висновки.Отже, запропонована модель прийняття рішень в ПІВ підвищує обґрунтованість ухвалення рішень й таким чином призводить до ефективного функціонування сучасного машинобудівного підприємства, що створює передумови для зростання його конкурентоспроможності. В подальшому передбачається вдосконалення програмного забезпечення з метою автоматизації введення вхідних даних.

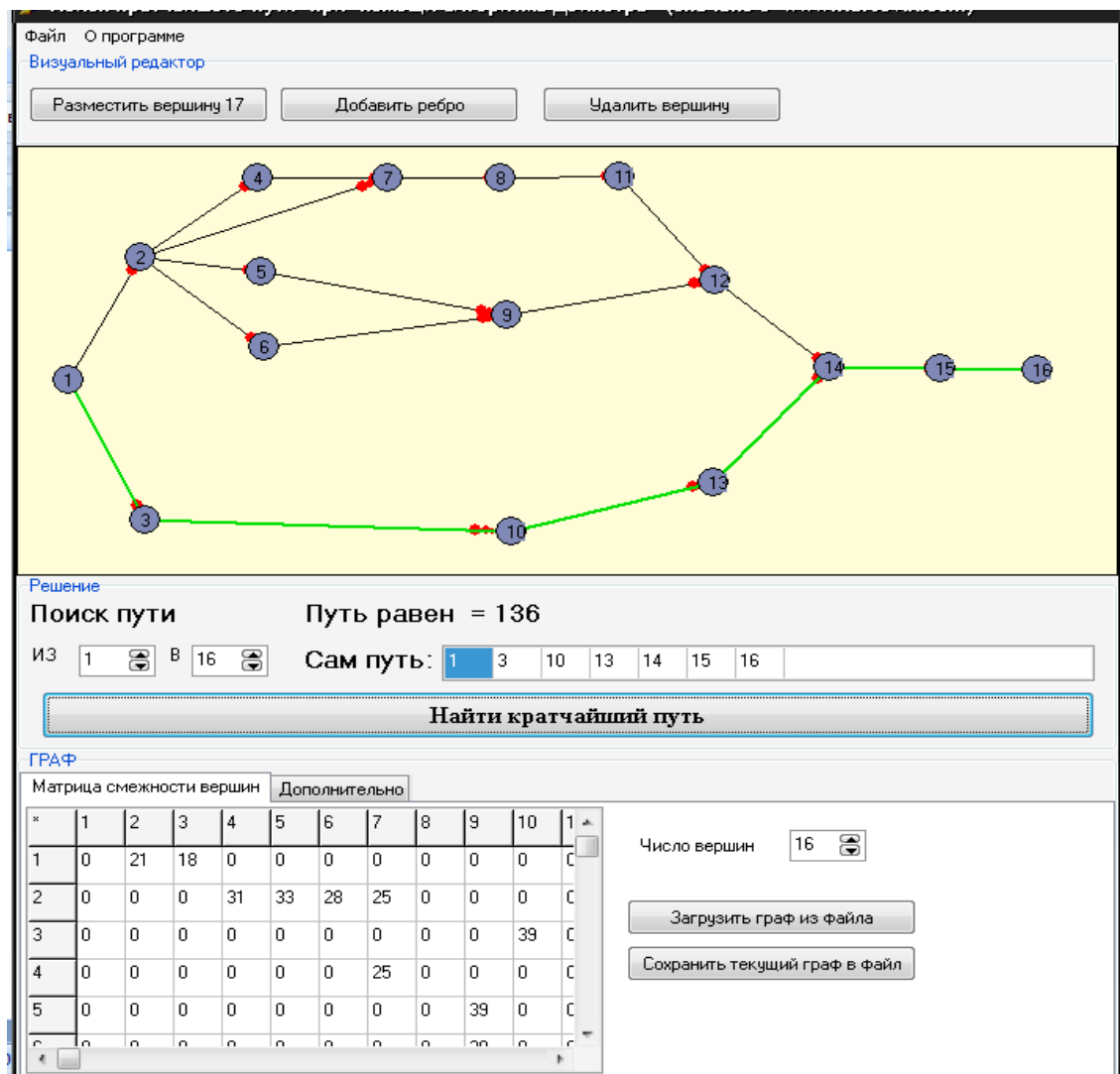


Рис.2. Интерфейс программного забезпечення для застосування математичної моделі прийняття рішень

Література:

1. Новицкий Н. И. Организация производства на предприятиях: учеб. –метод. пособие / Н. И. Новицкий. – М.: Финансы и статистика, 2001. – 391 с.
2. Агарков А. П. Эффективная организация и управление инструментальным хозяйством предприятия / А. П. Агарков, Б. А. Аникин. – М.: Экономика, 1981. – 128 с.
3. Bosco, W.M. Chan, Tool Management for flexible manufacturing / Bosco W.M. Chan – Int. J. of Computer Integrated Manufacturing, – May, 1992.
4. Enterprise Tool Management Software [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://www.tadcon.com/eTMS%20solution.htm>
5. Левин, А.И. Концепция и технологии компьютерного сопровождения процессов жизненного цикла продукции / А.И. Левин, Е.В. Судов // Информационные технологии в наукоемком машиностроении. Компьютерное обеспечение индустриального бизнеса. – Київ: Техніка, 2001. - С 612-625.
6. Денисенко, Ю.О. Підвищення якості інструментальної підготовки виробництва на основі визначення раціональної стратегії перебігу її процесів / Ю.О. Денисенко, В.О. Залога, О.В. Івченко, О.П. Маслов // Вісник Хмельницького національного університету: Технічні науки. – Хмельницький : ХНУ, 2015. - № 6. – С. 77-81.

Segeda D., Master's Degree Student,

Tsyvinda N., Associate Professor, Ph.D. in Engineering Science,

Language adviser:

Zotova-Sadylo O., PhD in Pedagogical Sciences, Associate Professor of Foreign

Language Department

Kryvyi Rih National University

APPLICATION OF VORTEX METHOD TO CUT ROUND THREAD IN CONDITIONS OF MAINTENANCE MANUFACTURING

Today in subsurface mining practice in Kryvyi Rih region, pneumatic perforators are widely used to drill blast holes of small diameters. Perforator is a pneumatic impact machine that automatically hits the cross-cut end of the drill rod. The average lifetime of drill and extension rods, and adapting pipes while gadding rock with strength coefficient of 12-16 according to prof. N.N. Protodyakonov's scale by a perforating machine must be at least 150 m and also depends on the accuracy of the thread [1].

Extension rods Kryvyi Rih mining and processing plants purchase from foreign companies such as Atlas Copco and others. Their peculiarity is a round thread at the ends of the rod (DIN 20317-2012), which has a relatively longer service life in comparison to other threads, and enhances resistance to significant loads. To connect them coupling couplings are used (Fig. 1), which often breaks down. Therefore, our enterprises manufacture them on their own.

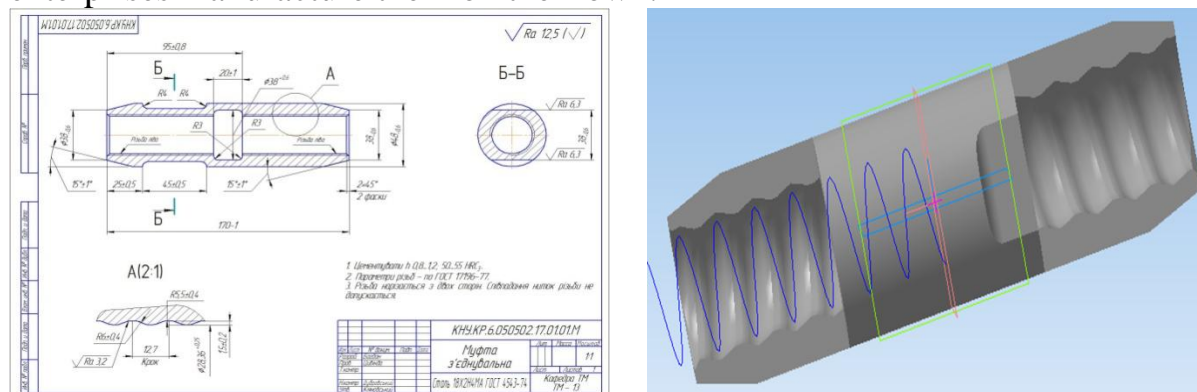


Fig.1. Drawing and axial cross section of coupling sleeve

Under conditions of repair enterprises while processing of round thread such as problems appears - the need to use special threaded cutters and plates, the need to process in several passes, high cutting force, low tool stability, use of equipment with increased speeds of working movements and CNC machines [2].

Therefore, a solution is considered to be rational under conditions of limited budgeting has been found at the Department of Mechanical Engineering Technology at KNU as part of the scientific research. It is that to apply the vortex method of cutting round thread on a lathe.

With the vortex processing, it is possible to perform a round thread profile with absolutely no burrs; this is an important requirement for screwing and unscrewing the rods; the thread is characterized by high surface quality and accurate shape. Accuracy within the tolerances of tenths of millimeters is achieved by matching the speed and feed parameters.

The thread pitch $R-12.7$ mm is determined only by the feed of S mm / rev (fig.2). Feed S mm / rev - 2 turns per 1 inch. Cutter rotation frequency n - 2000 rpm, parts n - 100 rpm.

Facing, which could have a significant impact on the thread quality, was blown off by the airflow on the part of the cutter. The necessary extra equipment was fitted up the turning lathe. The instrument should rotate opposite to the direction of a component rotation. An electric motor was taken as the source of movement, which via the V-belt transmission, transmitted the revolutions to the mechanism for fixing the tool - the spindle (Fig. 3).

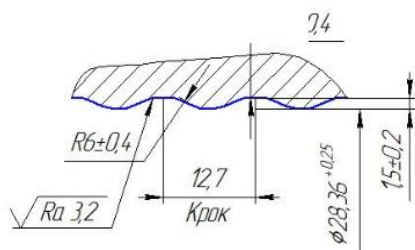


Fig.2. Thread Profile

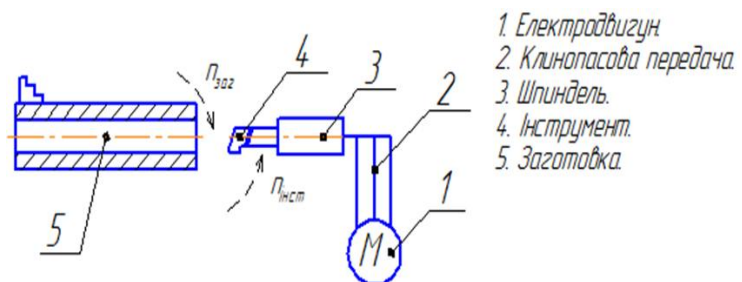


Fig.3 .Kinematic drive scheme

As a result of the experiment the thread was done in 1 pass and 2 sets. The cutter rose up to the stop of the nut, and then on the backward revolutions it was returned to the initial position (that-1 min and 1 set).

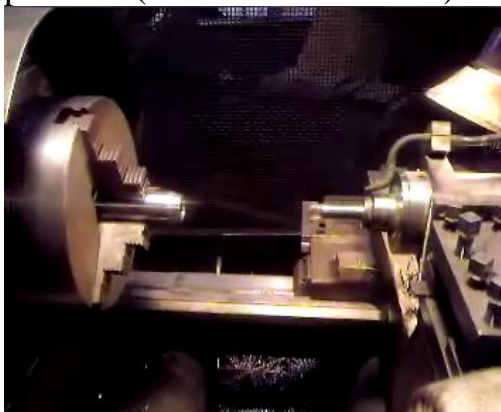


Fig.4. Experimental frames

Since vortex turning by a profile cutter is similar to machining with a single-tooth cutter, so the roughness $Ra 3,2$ was obtained in a single pass. The process allows you to reduce the main time for the manufacture of threads, reduce vibration, increase tool life, which significantly increases the productivity of processing.



Fig.5. Cross Section of Coupling (for descriptive reasons) resulting from the experiment

References:

1. I.A.Begagoen, A.I. Boyko Increase of accuracy and durability of boring cars. M. Nedra, 1986, 231p.
2. S.S. Nekrasov, D.V. Krivoruchko, A.A.Neshta Ways of processing of circular thread / Equipment and tools for professionals. Metalworking. Issue 4, 2013.- P.86-88.

УДК 621

Хмельницький О.М., Бондар О.В. канд.техн.наук.,доц
(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМИ ІНЖЕНЕРНОГО АНАЛІЗУ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ СПЕКТРУ СКЛАДНИХ ЗАВДАНЬ

Людство завжди прагнуло до винаходу нового і навіть доопрацювання старого. Проте проектування і розрахунки могли займати дуже багато часу, тому деякі ідеї не були здійснені. З розвитком технологій скорочувався час на проектування, але з приходом Flow Vision - системи інженерного аналізу (CIA), час на інженерні розрахунки скоротився в сотні разів. Це дозволило вирішувати більш складні завдання, створювати складні проекти, моделювати, аналізувати та робити оптимізацію конструкцій.

З розвитком CIA проведено безліч досліджень в таких галузях, як: медицини, автомобілебудування, турбомашинобудування, енергетики, суднобудування, хімічної та аерокосмічної промисловості.



FlowVision

Рис. 1. Логотип FlowVision



Рис. 2. Рух крові в серці

FlowVision дає можливість вирішувати широкий спектр спеціалізованих завдань, що виникають в аерокосмічній індустрії. Легкість використання і можливість швидко отримувати надійні результати складних розрахунків, роблять

програму привабливою для аерокосмічних підприємств України.

FlowVision вирішує завдання зовнішньої і внутрішньої аеродинаміки автомобіля, моделює процеси, що протікають в двигуні внутрішнього згоряння. FlowVision демонструє незрівнянні переваги перед іншими програмами при моделюванні мікроклімату автомобіля і аквапланування колеса на мокрій дорозі.

Можливість вирішувати складні завдання енергетики та теплофізики робить FlowVision незамінним пакетом для розробників енергоустановок. Набір надійних моделей фізичних процесів допомагає зрозуміти складний перебіг в пальнику, котлі, двигуні. Дружній графічний інтерфейс дозволяє визначити втрати тиску в агрегаті, вивести на екран розподіл швидкості газу, температури і компонентів газової суміші в довільному перерізі, на довільній поверхні. Базовими в пакеті прикладних програм Flow Vision є рівняння Нав'є-Стокса [1]. Для замикання цих рівнянь в залежності від конкретного завдання можуть використовуватися додаткові співвідношення, що описують зміну густини, турбулентний перенос та інше. Сукупність таких співвідношень називаються моделями. В Flow Vision найбільш повно використовуються наступні моделі: наближення Буссінеска (малі зміни густини) для опису ламінарної течії в'язкої рідини при малих числах Рейнольдса; k-ε модель турбулентного течії в'язкої рідини з невеликими змінами густини при великих числах Рейнольдса; модель слабкостисненої рідини (в термінології FlowVision), яка дозволяє розраховувати стаціонарну дозвукову течію газу при будь-яких змінах густини; модель повністю стисненої рідини (в термінології FlowVision): стаціонарні і нестаціонарні течії при будь-яких числах Маха (до-, транс-, над- і гіперзвукові течії).

Розглянемо можливості використання FlowVision на прикладах [2].

У період розвитку космічних технологій великий інтерес представляє використання пілотованих апаратів, що повертаються (ПА) одноразового або багаторазового використання. У зв'язку з цим виникає необхідність розробки сучасних пристроїв, що задовольняє новим вимогам експлуатації. Розглянемо дослідження аеродинамічних характеристики апарату на режимі спуску з висоти 1000 м на дозвукових швидкостях з урахуванням роботи посадкової рухової установки і на малій висоті з урахуванням взаємодії струменів двигуна з поверхнею Землі. Метою проведення даної роботи є визначення впливу струменів посадкової рухової установки (ПРУ) на аеродинамічні характеристики одного з варіантів апарату, що повертається на режимах гальмування (спуск з висоти 1000 [м] до 50 [м]) і посадки (відстань між апаратом, що повертається і поверхнею складає від 5 [м] до 1 [м]). Апарат, що повертається являє собою усічений конус зі сферичним екраном - лобовим теплозахисним екраном. Габаритні розміри апарата $D * D * 0,9D$. На сферичному екрані розташовані 16 форсунок. Відносний діаметр вихідного перетину форсунки d/D , де d - діаметр вихідного перетину сопла форсунки, D - діаметр міделю ПА, становить 0,0205. Кут нахилу осі сопла щодо осі симетрії конуса залежить від конкретного режиму гальмування і посадки.

При моделюванні обтікання апарату, що повертається досліджуються три висоти: 1000 м, 500 м і 50 м. На цих висотах швидкість апарату задана і дорівнює 0,3М, 0,2м і 0,1м відповідно. Так як висоти істотно розрізняються, для кожної

висоти приймаються свої опорні значення температури і тиску, відповідні тиску повітря на заданій висоті (дані беруться з довідників). Завдання визначення аеродинамічних характеристик апарату, що повертається вирішується в зворотній постановці, коли ПА нерухомий в розрахунковій області. При вирішенні завдання перебираються 36 варіантів - 22 для режиму гальмування і 14 для ділянки посадки. Для ділянки гальмування вирішуються завдання обтікання апарату з двома кутами атаки 0° і 10° без урахування струменів на різних висотах, з урахуванням впливу струменів, і з використанням замість робочого тіла сопла холодного повітря. Через велику різницю між характерним розміром апарату D і характерним розміром сопла $0,0205 D$ в розрахунковій сітці використовується адаптація до 5 рівня всередині сопла посадкової установки. Також використовується адаптація в передбачуваному сліді від струменів поблизу апарату. Розрахункова сітка становить 1 100 000 - 1 500 000 осередків (в залежності від розрахункового режиму).

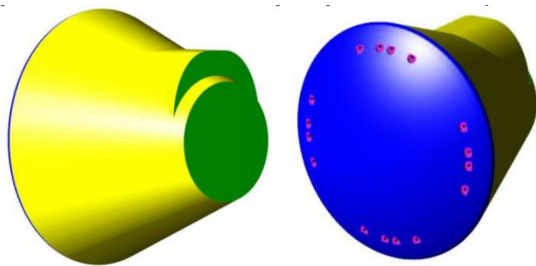


Рис. 3. Схема апарату

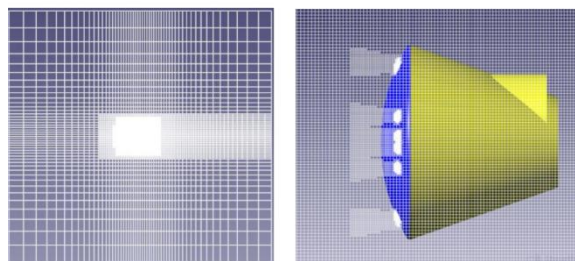


Рис. 4. Сітка розрахунку

Спочатку моделюється обтікання апарату потоком, що набігає із заданою швидкістю, а потім при встановленні течії включається подача газу з сопла.

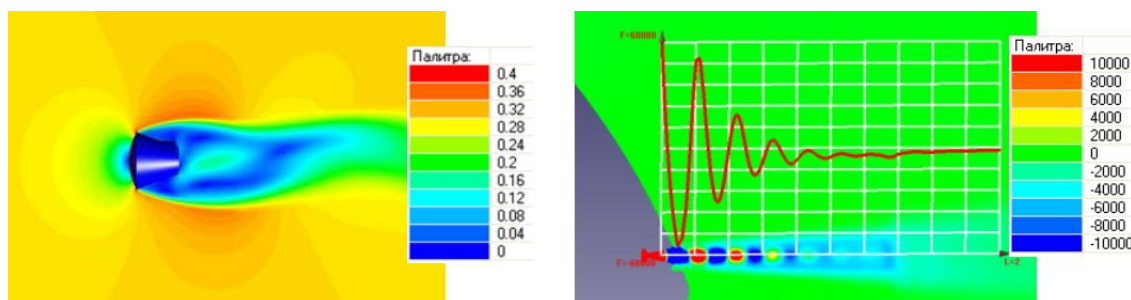


Рис. 5. Особливості вирішення задачі гальмування

При включенні ПРУ коефіцієнт аеродинамічної поздовжньої сили ПА, який визначається розподілом тиску по зовнішній поверхні корпусу (за винятком поверхні сопла), падає порівняно з варіантом обтікання без струменів. Вплив струменів обумовлює зниження тиску перш за все на лобовому теплозахисному екрані. При зміні швидкості набігаючого потоку змінюється характер взаємодії струменів з потоком.

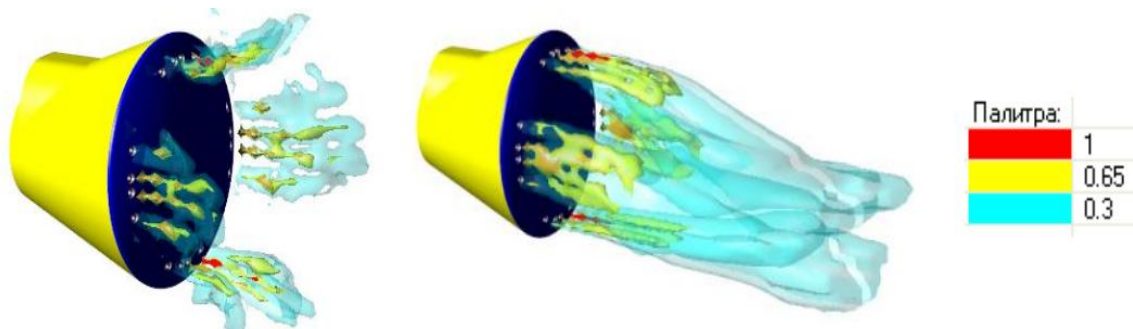


Рис. 6 Зміна структури течії близько ПА при взаємодії струменів

Головною метою вивчення режиму посадки є три аспекти. По-перше, це навантаження на непідготовлену посадкову поверхню для оцінки ерозії ґрунту при впливі струменів ПА. По-друге, це визначення збурюючих газодинамічних сил і моментів для дослідження динаміки поведінки ПА на посадковому режимі. По-третє, це виявлення зворотних струмів в сторону лобового екрану для оцінки ймовірності його забруднення. У рамках дослідження порівнюються апарати з кутом між осями сопів 50° і 60° . При витіканні з ПА з кутом нахилу сопла ПРУ 50° , в площині симетрії ПА, утворюється від землі до лобового теплозахисного екрану. При приземленні ПА з кутом нахилу сопла ПРУ 60° такої вираженої зворотної течії немає. Особливим питанням при розрахунку задач подібного класу є верифікація гідродинамічних розрахунків і перерахунок експериментальних даних на натурні умови. Особливо слід відзначити, що при використанні модельної ПРУ, для якої кут нахилу сопел становить 50° картина перебігу відрізняється від натурної. У даному прикладі перед лобовим екраном ПА не виникає зворотних струмів, які можуть спричинити забруднення його поверхні.

Підводячи підсумки, відзначимо що при роботі ПРУ коефіцієнт поздовжньої сили ПА зменшується, що обумовлено впливом струменів і зменшенням тиску на лобову сферичну поверхню ПА. Зі зменшенням числа Маха набігаючого потоку вплив струменів зростає, в результаті чого поздовжня сила ПА змінює знак.

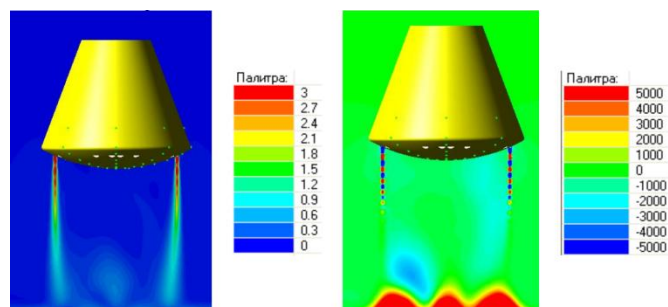


Рис. 7 Витікання з моделі ПА

При перерахунку з модельних випробувань на натурні умови необхідно звернути увагу на зміну структури течії на посадковому режимі близько моделі ПА з імітацією струменів закінченням холодного повітря в порівнянні з картиною перебігу близько ПА з гарячими струменями рухової установки. Слід зазначити що результати розрахунків непогано узгоджуються з результатами модельних експериментальних досліджень за умови коректної постановки математичного та

експериментального завдання. У висновку слід зазначити, що даний спектр завдань вельми складний і трудомісткий в розрахунках, а результати розрахунків вимагають верифікації.

Таким чином, можна зробити висновок, що при ретельно розробленій методології, основні завдання проектування можна вирішувати за допомогою, реалізованих в потужному комплексі, чисельних методів, точність яких можна вважати цілком задовільною для практичних цілей.

Література.

1. Електронний ресурс http://tesis.com.ru/own_design/flowvision/educ_fv.php
2. Електронний ресурс https://tesis.com.ru/infocenter/flowvision/fv_es11_energia.pdf

УДК 621.7

Цуркаленко М.І. студент, Кляцький В.І. канд.техн. наук, доц,
(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

АНАЛІЗ ВИБОРУ РАЦІОНАЛЬНОГО СПОСОБУ ВІДНОВЛЕННЯ ЛАБІРИНТНИХ КАНАВОК КРИШОК МАСЛОАГРЕГАТІВ

Низька ефективність ущільнень значною мірою позначається на технічному стані агрегату. Основним методом діагностування, що дозволяє побічно оцінити зміну стану лабіринтових ущільнень, є параметрична діагностика. Незадовільний стан будь-якого ущільнення відіб'ється на ККД агрегату і відповідно зниження розвиваємого напору і підвищенні температури газу на виході при рівних режимах роботи, оскільки призведе до збільшення перепуску газу з виходу на вхід.



Рис.1. Деталь Кришка

При дотриманні режимів експлуатації зниження ефективності ущільнень відбувається плавно і на протязі значного періоду часу. Значне погіршення ефективності лабіринтових ущільнень в перебігу короткого проміжку часу може відбутися при експлуатації агрегату на нерозрахованих режимах. Слід зазначити, що відносно швидкоплинне зниження ефективності лабіринтових ущільнень може

бути викликане незадовільною очищенням технологічного газу, що сприяє заносу камер гальмування ущільнень технологічними відкладеннями.

Ослаблення посадок втулок на роторі, сегментів в пакеті, кришок призведе до биття втулок на роторі і зачіпань ротора за відповідні деталі, що в свою чергу відіб'ється на вібраційної картині агрегату.

Як показує практика і у відповідності зі специфікою конструкції найбільшому зносу піддаються гребінці (вуса) ущільнень, відповідно ремонт лабіринтових ущільнень, як правило, зводиться до заміни вусів.

При виявленні зам'ятих вусів проводиться правка.

Заміну ущільнювальних вусів можна розділити на чотири операції:

1. Видалення із сегментів вусів з дефектами, робочими зазорами, що перевищують максимально допустиме значення;
2. Підготовка пазів для установки нових вусів;
3. Установка нових вусів;
4. Обробка встановлених вусів з метою приведення робочого зазору в норму згідно ремонтного формуляра.

Вуса з пазів сегментів видаляються з використанням ручного слюсарного інструменту. Для установки нових вусів, як правило, в місцях карбування потрібна доробка пазів з метою приведення ширини паза в норму. Обробка паза здійснюється ручним слюсарним інструментом з контролем ширини по новому вусу. В обробленому пазу перевіряється прилягання вуса по зовнішньому діаметру до сегменту, при необхідності коригується радіус вигину вуса.

Після виконання всіх вищеописаних підготовчих операцій вуса по черзі вкладаються в пази і розчekanюються. На сегментах з встановленими вусами обробляються місця сполучення вусів в горизонтальній площині на верхньому і нижньому сегменті з забезпеченням мінімального зазору. Сегменти з заміненими і підігнаними по зв'язаних вусами встановлюються в пакет, після чого перевіряються робочі зазори. При зниженні зазорів нижче мінімально допустимих сегменти демонтуються, і відповідні вуса обробляються в токарному верстаті на необхідну величину. Після механічної обробки проводиться повторний контроль робочих зазорів. При задовільному результаті ущільнення вважається придатним до подальшої експлуатації.

Після виконання ремонту сегменти ущільнення встановлюються у відповідні пази пакета ЦБН і фіксуються гвинтами. При установці сегментів забезпечується збіг площин роз'єму сегмента і відповідної половини пакета. Після встановлення всіх сегментів ущільнень у нижню половину пакета укладається ротор, після чого пакет закривається верхньою кришкою і остаточно збирається.

Ремонт лабіринтних ущільнень методом наплавки заключається у наступному. Наплавочний валик формують при нахилі зварювальної головки з присадочним дротом в сторону ділянки деталі з найбільш інтенсивним тепловідводом. При цьому кут нахилу зварювальної головки з присадочним дротом щодо гребінця лабіринтового ущільнення встановлюють між їх площинами симетрії в межах 8-10°.

Технічний результат полягає у відновленні вертикального положення наплавленого валика, що сприяє підвищенню якості ремонтovanого виробу.

Результат досягається тим, що в способі ремонту лабіринтових ущільнень турбомашин наплавленням з використанням зварювальної головки з присадочною дротом за допомогою формування наплавочного валика на гребінцях лабіринтових ущільнень наплавочний валик формують при нахилі зварювальної головки з присадочним дротом в сторону ділянки деталі з найбільш інтенсивним теплоотвідом. При цьому кут нахилу зварювальної головки з присадочною дротом щодо гребінця лабіринтового ущільнення встановлюють між їх площинами симетрії в межах $8-10^{\circ}$.

Спосіб ремонту лабіринтових ущільнень турбомашин наплавленням з використанням зварювальної головки з присадочним дротом здійснюють наступним чином. Збирають елементи, що підлягають наплавленню. На ремонтваній деталі визначають бічну ділянку з найбільш інтенсивним тепловідводом, яка повільніше нагрівається і наплавочний валик відхиляється в протилежну сторону. Зварювальну головку з вольфрамовим електродом і подаючим дріт вузлом нахиляють в сторону ділянки з найбільш інтенсивним тепловідводом так, щоб між площиною симетрії гребінця лабіринтового ущільнення і площиною симетрії зварювальної головки з вольфрамовим електродом і присадочним дротом утворився кут $8-10^{\circ}$. Формують наплавочний валик на гребінцях лабіринтних ущільнень. При цьому відбувається зміщення переносимих через дуговий проміжок крапель присадочного металу. Це зміщення компенсує нахил валика в протилежну сторону і відновлює його вертикальне положення.

Результатом використання даної технології є відновлення вертикального положення наплавленого валика, що сприяє підвищенню якості ремонтovanого виробу.

Також відомий наступний спосіб ремонту лабіринтних ущільнень методом після їх інтенсивної роботи.

Спосіб передбачає наплавку кільцевих гребінців лабіринтних ущільнень турбомашин.

Технічний результат досягається тим, що в способі відновлення гребінців лабіринтових ущільнень, при якому деталі встановлюють в положення, що забезпечує підведення до них зварювальної головки, а потім проводять автоматичну аргонодугову наплавку неплавким електродом з імпульсною подачею присадного дроту, між гребінцями лабіринту поміщають пластини, прихоплюють з пластинами в єдиний блок, при цьому в пластинах з боків гребінців впритул до них виконують прорізи, а наплавку гребінців лабіринтних ущільнень виконують в єдиному блоці.

Висновок. Після аналізу рекомендуємо відновлення вертикального положення наплавленого валика, що сприяє підвищенню якості ремонтovanого виробу.

О. Б. НАСТИЧ, канд. техн. наук, доц. кафедры ПМЗД
Р. А. ТИМЧЕНКО, докт. техн. наук, проф. кафедры ПЦМБ
Д. А. КРИШКО, канд. техн. наук, ст. преподаватель кафедры ПЦМБ
(Украина, Кривой Рог, Криворожский национальный университет)

ОБРАБОТКА ШЛИКЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ ИОННО-ПЛАЗМЕННЫМ МЕТОДОМ

Цель настоящего исследования – изучить возможность хромоцементации стальных поверхностей. Важная проблема современности – разрушение металлов под действием коррозии и износа. Одним из путей повышения надежности и долговечности работы деталей машин является нанесение покрытий на готовые изделия. Детали с покрытиями могут быть подвергнуты осадке, развальцовке, накатыванию резьбы, термоупругим напряжениям при нагреве, гibaх и т.п.

При этом покрытие могут растрескиваться и скалываться, что можно избежать, создавая деффузное объемное легирование поверхностного слоя. Концентрация легирующего элемента должна быть такова, чтобы обеспечивались требования к стойкости покрытий, и в то же время отличия от структурных свойств не приводило бы к появлению нарушающих напряжений, дефектов и т.д. Такая ситуация возникает, например, при обработке котельных труб в условиях повышенных температур в продуктах сгорания различных видов топлива. Покрытия должны иметь в этом случае металлическую плотность, т.к. проникающие в поры и щели газообразные соединения серы, образованные при сгорании топлива, приводят к быстрому разрушению металла.

Для исследований были взяты трубные образцы из стали 20 и стали 12Х1МФ.

На подготовленную поверхность труб (очищенную на иглофрезерном станке) наносилась суспензия из механической смеси исходного элемента легирования (порошка хрома) и дисперсионной жидкости (нитроклетчатки).

После сушки в воздушной среде при температуре $T = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течении 10-30 мин образцы обрабатывались на установке ионно-плазменной цементации (ИПЦ). Ионно-плазменная обработка проводилась при атмосферном давлении с использованием низкотемпературного ($T \approx 1000\text{ }^{\circ}\text{C}$) объемного несамостоятельного разряда.

Объемная форма разряда достигалась за счет внешнего подогрева. Мощность разряда для обеспечения стабильности параметров разряда должна быть на порядок меньше мощности внешнего подогревателя.

Процесс хромоцементации проводился в два этапа. Первоначально поверхность труб легировали хромом, а затем проводили цементацию легированных поверхностей. Лабораторная установка ИПЦ, на которой проводилась хромоцементация, показанная на рисунке.

Трубный образец 2 под потенциалом катода размещался соответственно в цилиндрическом графитовом аноде I. Нагрев рабочего пространства

осуществлялся нихромовой спиралью 3, а газовая смесь ионизировалась с помощью высоковольтного разряда 4 напряжением до 1000 В. Рабочая температура являлась стабильной: $T = 1050^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$. Параметры самостоятельного разряда не колебались, были постоянны.

На первом этапе в качестве нейтральной среды использовался аргон ($I_i = 15,8 \text{ эВ}$).

Диффузионный слой представляет собой слой твердого раствора хрома α -железе с микротвердостью 8130 МПа. Глубина слоя около 300 мкм. Скорость внедрения хрома достигала в некоторых случаях 60,0 мкм/мин, что значительно выше скорости внедрения при газовом контактном способе хромирования в жидких слоях хрома, вакуумном хромировании, хромировании с ТВЧ нагревом и хромосодержащей обмазкой.

Полученный в эксперименте концентрация примеси (хрома) в поверхностном слое материала, направление ее движения, скорость диффузии качественно могут быть объяснены на основе электропереноса. Количественная сторона ускорения диффузии примеси может быть объяснена разупорядочением структуры поверхности материала. В результате бомбардировки ее ионами образуются избыточные вакансии и дислокации, которые при температурах более 800°C обеспечивают ускоренную диффузию.

На втором этапе в качестве карбюризатора использовалась смесь газов $\text{CH}_4 + \text{Ar}$ в соотношении 1:4, в остальном параметры процесса оставались те же, что и на этапе легирования. Скорость процесса цементации до 200 мкм/мин. Повышение скорости процесса цементации в данном случае можно объяснить теми же причинами, что и ускорение процесса хромирования.

В результате хромоцементации образцов из стали 12Х1МФ (время хромирования 15 мин, время цементации 10 мин, температура процесса 1050°C , охлаждение после обработки на воздухе) получили сплошной диффузионный слой сложного состава. Его микроструктура типична для диффузионного хромирования – твердый раствор хрома в α -железе микротвердостью 8130 МПа со следующей за ним переходной к основе металла трубы сплошной полосой эвтоктоидного слоя с микротвердостью 4410 МПа (основа имеет микротвердость порядка 2500-2600 МПа).

Кроме того, наружная поверхность ферритного слоя окаймлена сплошным тонким диффузионным слоем карбидов хрома (микротвердость в образце, закаленном в воде, - 10000 МПа). По предварительным данным коррозионная стойкость образцов стали 12Х1МФ с полученным диффузионным защитным слоем 5% HNO_3 увеличилась в 2,5 раза.

Ионно-плазменная цементация предварительно легированных хромом образцов из стали 20 и стали 12Х1МФ позволяет:– получить сплошные диффузионные поверхностные слои с высокой твердостью и коррозионной стойкостью;– увеличить скорость образования диффузионных защитных слоев по сравнению с методами хромоцементации в 6-10 раз.

ТЕХНІЧНА ДІАГНОСТИКА ПІДШИПНИКІВ КОЧЕННЯ

Технічна діагностика представляє теорію, методи і засоби виявлення і пошуку дефектів об'єктів технічної природи. Виявлення дефекту є встановлення факту його наявності або відсутності в об'єкті. Пошук дефекту полягає у вказівці з певною точністю його розташування в об'єкті. Основне призначення технічної діагностики полягає в підвищенні надійності об'єктів на етапі їх виробництва, експлуатації та зберігання.

Мета: Ознайомлення з технічною діагностикою підшипників кочення.

Діагностичне забезпечення дозволяє підвищити достовірність правильного функціонування об'єктів, збільшити термін їх служби і напручування на відмову

На підставі інформації про технічний стан вирішуються завдання: визначення раціональних термінів і обсягів ремонту; виявлення механізму з найгіршими параметрами, що вимагає негайної заміни; оцінка якості проведеного ремонту; оцінка стану і якості монтажу нового обладнання. Ефективність вирішення цих завдань забезпечується за рахунок ремонту найбільш зношеного обладнання, ліквідації помилок монтажу та контролю стану обладнання, що вступає в експлуатацію після ремонту.

В умовах експлуатації необхідно підтримувати як мінімум працездатний стан. Це покладається на систему технічного обслуговування (ТО) і ремонтів. Основний зміст ТО - контроль стану обладнання та його обслуговування з метою підтримки справності або працездатності. Завдання ремонту - відновлення справності або працездатності.

При вирішенні завдань діагностування прийнята наступна послідовність.

- 1.Вибирається підхід до задачі розпізнавання - логічний або імовірнісний.
- 2.Вивчається об'єкт діагностування. Визначається модель об'єкта і його елементів, визначаються вимоги до забезпечення працездатності механізму, складається словник несправностей, який представляє перелік можливих несправностей та їх характеристик.
- 3.Розробляються методи розпізнавання (вирішальні правила). Вирішальне правило - правило, згідно з яким приймається рішення про діагноз.
- 4.Заключна фаза розробки - складання діагностичної таблиці (матриці) - таблиці несправностей з вирішальними правилами.

Діагностування технічного стану будь-якого об'єкта здійснюється тими чи іншими засобами діагностування. Засоби діагностування можуть бути апаратними або програмними, зовнішніми або вбудованими, ручними, автоматизованими або автоматичними, спеціалізованими або універсальними. Як засіб діагностування може також виступати людина-оператор, контролер, наладчик.

Необхідність обробки і зберігання великого обсягу інформації при періодичному контролі технічного стану обладнання, прагнення збільшити глибину пошуку дефекту вимагають використання обчислювальної техніки.

Для обладнання металургійних підприємств характерно використання стандартних систем контролю, а не виготовлення обладнання з елементами діагностики. Основні напрямки розвитку: контроль одного параметра; використання ПК при обробці однотипної інформації; блоковий принцип побудови; універсальність. Доцільним є раціональне поєднання переносних засобів робітничого контролю цеховими службами, спектр аналізаторів при постановці точного діагнозу фахівцями заводських лабораторій і вбудованих систем контролю.

Для визначення виду зношування і постановка діагнозу використовують також візуальний огляд поверхонь тертя. Найчастіше поверхнями тертя, які найчастіше зношуються є підшипники.

Підшипники кочення є основним опорним вузлом сучасного механічного обладнання. В цілому безвідмовність даного вузла досить висока. Однак неправильний монтаж, недостатньо надійний захист від попадання вологи і пилу, недотримання режимів експлуатації, особливо змащування, і ряд інших причин призводять до передчасного руйнування деталей підшипника. В процесі експлуатації підшипник кочення піддається комплексному впливу ряду факторів. Один з них є домінуючим, його швидкість розвитку - максимальна. Саме цей фактор і буде причиною виходу з ладу підшипника.

Висновки: Переважна більшість несправностей в механізмах походить від руйнування або зношування підшипників.

Встановлення причини руйнування підшипника - відповідальний етап в роботі інженера-механіка, тому що як він дозволяє визначити заходи щодо підвищення безвідмовності механізму. Саме цей напрямок складає найбільш важливий аспект діяльності ремонтних служб підприємств.

Література:

1. *Машиностроение. Энциклопедия/Ред.совет: К.В. Фролов (пред.) и др. - М.: Машиностроение. Измерения, контроль, испытания и диагностика. Т. III-7 / В.В. Клюев, Ф.Р. Соснин, В.Н. Филинов и др.; под общ. ред. В.В. Ключева - 464 с., ил. Изд. «Машиностроение», 1996.*
2. *Сафарбаков А.М., Лукьянов А.В., Пахомов С.В. Основы технической диагностики: учебное пособие. - Иркутск: ИрГУПС, 2006. - 216 с.*
3. *Биргер И.А. Техническая диагностика. - М.: «Машиностроение», 1978. - 240 с., ил. - (Надежность и качество).*
4. *Федотов А.В. Основы теории надежности и технической диагностики: конспект лекций / А. В. Федотов, Н. Г. Скабкин. - Омск : Изд-во ОмГТУ, 2010.-64 с.*

О.В. Скрипник, студент, С.І. Кравченко, канд. техн. наук, доцент,
(Україна, Полтава, Полтавський національний технічний університет
імені Юрія Кондратюка)

ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ШТАМПУВАННІ ЕЛАСТИЧНИМ СЕРЕДОВИЩЕМ

Тонколистові складнорельєфні деталі (0,3-1,2 мм), одержувані штампуванням, займають вагомий обсяг в багатьох галузях. Тому отримання точних штампованих деталей без припуску під механічну обробку є актуальним завданням, особливо це стосується деталей типу «борт-стінка-борт», «борт-стінка» з суміщенням операцій формовки, пробивки і вирубки. Штампування таких деталей за допомогою еластичних і рідинних середовищ або в інструментальних штампах при статичному навантаженні не дозволяє в окремих випадках отримувати необхідну точність і якість виготовлення [1].

В даний час широко застосовуються жорсткі штампи для формоутворення деталей товщиною 0,2 мм, діаметром 40 мм і висотою бортів 6 мм. Їхня сумарна металоємність в десятки разів перевищує металоємність технологічної оснастки з розміром в плані 120 мм, яка реалізує метод пневмоударного штампування (ПУШ) еластичним середовищем [2]. При цьому застосування даного методу дозволяє одночасно поєднувати як розділові, так і формотворчі операції в одній технологічному оснащенні, наприклад: пробивку, вирубку, відбортовку, гнуття, формовку і витяжку [2, 3].

Питання якості та ресурсозбереження при виготовленні тонколистових деталей методом ПУШ, особливо при суміщенні різних операцій деформування, у вітчизняній і зарубіжній літературі досліджені недостатньо.

При використанні як передавального еластичного середовища поліуретану перевагу необхідно віддавати виконання розділових операцій ПУШ: пробиванні, вирубці, обрубці, їх поєднаннями з іншими формоутворювальними процесами штампування. У цьому випадку основна перевага цього методу - високошвидкісне деформування і поділ металу по всьому контуру незалежно від його форми. Ця особливість і висока швидкість формоутворення сприяють отриманню більш якісної поверхні поділу і збільшенню точності одержуваних деталей [4, 5].

Метою даної роботи є дослідження особливостей і оцінка якісних показників деталей, одержуваних ПУШ еластичним середовищем (поліуретаном).

На підставі проведених досліджень визначено якісні показники деталей, що виготовляються методом пневмоударного штампування поліуретаном при суміщенні формотворчих і розділових операцій в одному штампувальному оснащенні.

Представлено методику розрахунку необхідних тисків для проведення операцій суміщеної штампування методом ПУШ еластичною середовищем.

Проведена оцінка параметрів точності штампованих деталей і представлена методика розрахунку необхідного тиску для виконання суміщених операцій під час високошвидкісного штампування деталей із матеріалів низької та високої міцності товщиною від 0,3 до 1,2 мм та висотою до 30 мм. Трудомісткість знижується у 3-4 рази, а вартість виготовлення – у 5-15 разів.

Література:

1. Романовский В.П. *Справочник по холодной штамповке [Текст] / В.П. Романовский. – 6-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1979. – 520 с.*
2. Зорик В.Д. *Процессы листовой штамповки взрывом с совмещением операций / В.Д. Зорик // Кузнечно-штамповочное производство. – 1976. – № 7. – С. 25-30.*
3. Манаенков И.В. *Исследование точности разделительных операций пневмоударной штамповкой листовых деталей [Текст] / И.В. Манаенков // Високі технології в машинобудуванні: сб. науч. тр. НТУ «ХПИ». – Вып. № 2. – Х., 2009. – С. 86-89.*
4. Манаенков И.В. *Распределение погрешности при выполнении разделительных операций пневмоударной штамповкой [Текст] / И.В. Манаенков, А.Я. Мовшович, М.М. Буденный // Сб. науч. тр. – Х.: НТУ «ХПИ», 2008. – Вып. 88. – С. 41-44.*
5. Фролов Е.А. *Определение показателей качества листовых деталей при ударно-импульсных разделительных операциях эластичной средой [Текст] / Е.А. Фролов, А.Л. Комарова, И.В. Манаенков // Вестник ХНАДУ. – Вып. 54. – Х., 2011. – С. 149-152.*

УДК 621.919

Є.О. Тобольченко, студент, С.І. Кравченко, канд. техн. наук, доцент
(Україна, Полтава, Полтавський національний технічний університет
імені Юрія Кондратюка)

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ ПОСАДКОВИХ ПОВЕРХОНЬ ЛОПАТОК ТУРБІН

Аналіз технічної, нормативно-довідкової літератури та досвіду підприємств засвідчує, що в науковому та практичному плані вдосконаленню процесу протягування і створенню нового протягувального інструменту останнім часом у нас і за кордоном приділяється недостатньо уваги [1, 2]. Аналіз процесу протягування показує, що в нашій країні та за кордоном застосовують в основному цільні швидкорізальні і напаяні конструкції протяжок. Швидкість різання не перевищує 6 м/хв [3, 4].

Одним із етапів роботи, що виконується, було отримання графічних залежностей впливу режимів різання на зміну основної складової сили різання P_z , Н/мм, під час протягування твердосплавною протяжкою ВК8 посадкових поверхонь лопаток турбін, виготовлених із сплавів ВТ8М та ХН35ВТЮ-ВД на швидкостях різання до 60 м/хв.

Експериментальні дослідження основної складової сили різання P_z здійснювались із використанням тензометричних датчиків, прикріплених на верстатне пристосування вертикального протягувального напівавтомата моделі 7Б74. Результати експериментів наведені на рисунках 1, 2.

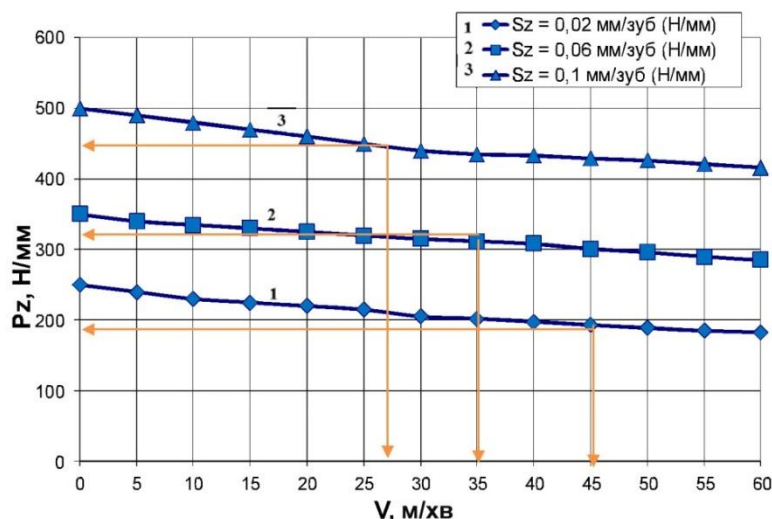


Рис. 1. Результати дослідження вплив швидкості різання V , м/хв, на зміну тангенціальної складової сили різання P_z , Н/мм, на прикладі титанового сплаву VT8M

Швидкість різання V , м/хв, поступово знижує значення складової сили різання P_z , Н/мм. Це відбувається внаслідок зниження сили тертя у зв'язку із підвищенням температури в зоні різання. Також має місце таке явище, як провал пластичності. У зв'язку з цим маємо зниження опору зрізання шарів матеріалу.

На складову сили різання P_z , Н/мм, також значною мірою впливає подача S_z , мм/зуб. Збільшення подачі як і швидкість різання знижує трудомісткість операції [5].

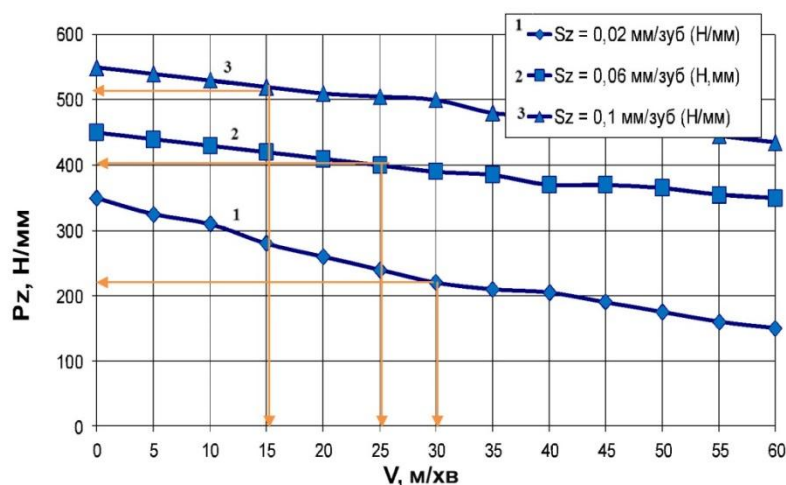


Рис. 2. Результати дослідження вплив швидкості різання V , м/хв, на зміну тангенціальної складової сили різання P_z , Н/мм, залізонікелевого сплаву ХН35ВТЮ-ВД

Отже, збільшення швидкості різання V , м/хв, дозволяє знизити навантаження на різальну кромку, що в свою чергу дозволяє при конструюванні протягувального інструменту збільшити підйом на зуб. Відповідно знижується трудомісткість операції, зменшується кількість зубів на протяжці, що дозволяє зменшити довжину протягування або збільшити крок для установки змінних твердосплавних пластин.

Література:

1 Vasyliiev A., Popov S., Vasyliiev Ie., Shpylka A., Vovchenko V. *Modernization of the method of rotary form making of external profile surfaces. International Journal of Engineering & Technology.* 2018. №6/1(96). P. 55-61.

2 Vasilyev A., Popov S., Vasilyev E., Pavelieva A. *Improvement the method of rotational broaching in the production of profile openings on the lathes of turning group. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies.* 2017. №1/1 (85). P. 4-9.

3 Макаров В.Ф. *Выбор и назначение оптимальных условий протягивания заготовок из труднообрабатываемых материалов.* Пермь: ПГТУ, 2008. 396 с.

4 Яцерицын П.И., Фельдштейн Б.Э., Корниевич М.А. *Теория резания: учебник.* Минск: Новое знание, 2005. 511 с.

5 Рыжов Э.В., Аверченков В.И. *Оптимизация технологических процессов механической обработки.* Киев: Наукова думка, 1989. 192 с.

УДК 621.983.07

Б.О. Прилука, студент, С.І. Кравченко, канд. техн. наук, доцент
(Україна, Полтава, Полтавський національний технічний університет
імені Юрія Кондратюка)

ДОСЛІДЖЕННЯ ТОЧНОСТІ ДЕТАЛЕЙ ОДЕРЖАНИХ ПРИ РОЗДІЛОВИХ ОПЕРАЦІЯХ У ПЕРЕНАЛАГОДЖУВАНИХ ШТАМПАХ

У розвитку сучасного машинобудування штампувальне виробництво відіграє важливу роль. Від його ефективності багато в чому буде залежати розвиток промислового сектора економіки і випуск конкурентоспроможної продукції вітчизняними підприємствами. У період підготовки виробництва нових виробів в результаті конструктивно-технологічних змін близько 70% виготовленого штампувального оснащення доводиться виготовляти заново, що тягне за собою значні додаткові витрати металу, трудові і фінансові витрати. Використання переналагоджуваного штампувального оснащення дозволяє скоротити терміни підготовки і витрати на виробництво нових виробів.

За даними ряду робіт [1-5] при освоєнні випуску нових видів продукції найбільший ефект досягається за рахунок широкого використання переналагоджуваних видів штампувального оснащення, оскільки воно засновано на принципі тривалого використання і високої оборотності його складових елементів, а також використання в конструкції значного числа пластмасових елементів. Робочі частини і елементи штампа кріпляться за допомогою композиційних матеріалів, які швидко твердіють, наприклад, пластмаси АСТ-Т, завдяки чому забезпечуються швидке збирання і переналагодження пакета і відповідно штампа.

При цьому на даний час недостатньо відомостей і досліджень присвячених точності деталей, одержуваних вирубкою - пробивкою в переналагоджуваних штампах, що використовують в складі конструкції пластмасові елементи.

Мета роботи – дослідити параметри точності штампованих деталей в переналагоджуваних штампах і фактори, що впливають на величину цих параметрів.

Для визначення можливостей точності переналагоджуваних штампів для розділових операцій листового штампування проведено дослідження з використанням «методу випадкового балансу».

Отримано аналітичні залежності для визначення значень відхилення розмірів зовнішнього та внутрішнього контурів пробивання і вирубування листових деталей. За знайденими залежностями можна оцінювати і прогнозувати величину відхилення розмірів отриманої деталі в будь-який момент часу експлуатації штампа. Запропоновано практичні рекомендації щодо розрахунку виконавчих розмірів робочих елементів (пуансон, матриця) переналагоджуваних штампів.

Література:

1. *Механизация специализированных переналаживаемых штампов [Текст] / А.Я. Мовишович, А. Я. Горницкий, Н. С. Берлетов и др. // Машиностроитель. – 1983. – № 11. – С. 166.*
2. *Жолткевич, Н. Д. Закрепление рабочих элементов переналаживаемых штампов пластмассой АСТ -Т [Текст] / Н. Д. Жолткевич, Е. И. Заярненко, А. Я. Мовишович // Производственно -технический бюллетень. —1979. — № 10.*
3. *Жолткевич, Н. Д. Применение армированной пластмассы в конструкциях универсально - сборной переналаживаемой оснастки и универсально-сборных штампов [Текст] / Н.Д. Жолткевич // Вестник машиностроения. — 1975. — № 7. — С. 78 – 80.*
4. *Исследование точности деталей, получаемых в переналаживаемых штампах на основе композиционных материалов [Текст] / Н. В. Чижиков, А. Я. Мовишович, А.Я. Горницкий, Л.Г. Кузнецова // Вісник Національного технічного університету: зб. наук. пр. Нац. техн. ун-ту «ХПИ». – Вип. 11. – Х., 2001. – С.69 – 80.*
5. *Буденный, М. М. Перспективы развития исследований и разработка новых конструкций штамповочной оснастки на основе композитов [Текст] / М.М. Буденный, Л. Г. Кузнецова // Резание и инструмент в технологических системах: сб. науч. тр. Харьк. гос. политехн., ун-та «ХПИ». — Вып. 58. — Х., 2005. — С. 25 –28.*

УДК 621.82.01

О.В. Стеценко, студент, А.В. Васильев, канд. техн. наук, доцент
(Україна, Полтава, Полтавський національний технічний університет
імені Юрія Кондратюка)
В.П. Вовченко, викладач технічних дисциплін
(Україна, Полтава, Полтавський коледж нафти і газу)

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИСТРОЮ СПРОЩЕНОЇ КОНСТРУКЦІЇ ДЛЯ НАНЕСЕННЯ ФАРБИ

При фарбуванні звичайним пульверізатором виникає проблема у ретельному і довготривалому очищенні робочих каналів [1] і резервуара від залишків фарби та самій підготовці до лакофарбових робіт. Пульверізатор використовує рух рідини під дією різниці тисків, яка виникає за рахунок ефекту Вентурі [2, 3]. Нами запропонована конструкція пристрою (див. рисунок), в якому на рідину додатково

діє надмірний тиск, що нагнітається компресором. Повітря, що подається під тиском від компресора [4, 5] через трійник надходить у резервуар, створюючи гідравлічний тиск, який витискає рідину через сопло назовні. Інша частина повітря з трійника подається через інше сопло, яке створює розрідження, що сприяє додатковому русі рідини і під тиском розпилює рідину на потрібну поверхню.

Для обґрунтування працездатності запропонованої конструкції здійснювалось математичне моделювання, результатами якого були обговорені наступні значення: густина фарби $\rho = 1,5 \text{ г/см}^3$, ґрунтовки $\rho = 1,4 \text{ г/см}^3$. Для них використовується одне й те саме сопло. Компресор середнього тиску подає повітря тиском $8 \text{ атм} = 8 \cdot 10^5 \text{ Па}$, частина повітря через трійник надходить до ємності з тиском $4 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Діаметр виходу сопла становить $0,0015 \text{ м}$, що забезпечує нормальне функціонування пульвелізатора. Фарбу у разі необхідності замінюємо на суміш для гідрозахисту поверхонь. Для рідин з меншою густиною, наприклад типу ANTICORIT, необхідно зменшити діаметр сопла.

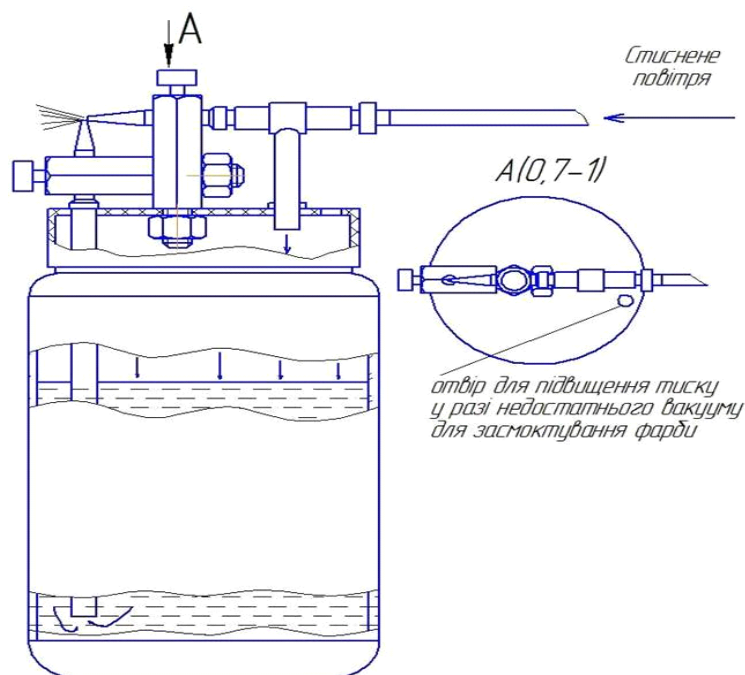


Рис. 1. Схема пристрою для нанесення фарби

Отже, створений пристрій, який зручний у використанні і не потребує значного часу в обслуговуванні та очищенні від залишку матеріалів.

Література:

- 1 Левицький, Б. Ф. Гідравліка: загальний курс [Текст]: підручник / Б.Ф. Левицький, Н.П. Лецій. – Л. : Світ, 1994. – 264 с.
- 2 Li Hong. Research on deep drilling [Text] / Hong Li // Applied Mechanics and Materials, 2012. – Vols. 101 – 102 (2012). – pp. 1101–1104.
- 3 Кисликов В. Ф., Луцук В. В. Обладнання автомобілів і тракторів : Підручник. – К.: Либідь, 2006. – 400с.
- 4 Сажко В. А., Будова і експлуатація автомобілів : Підручник. – К.: Каравела, 2009. – 400с.

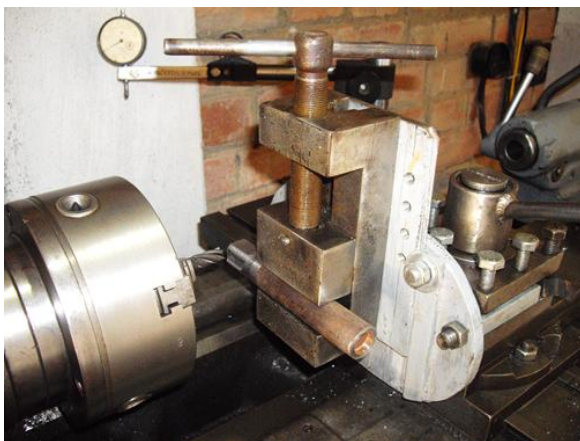
УДК 621.24.17

В.А. Педченко, студент, А.В. Васильєв, канд. техн. наук, доцент
(Україна, Полтава, Полтавський національний технічний університет
імені Юрія Кондратюка)

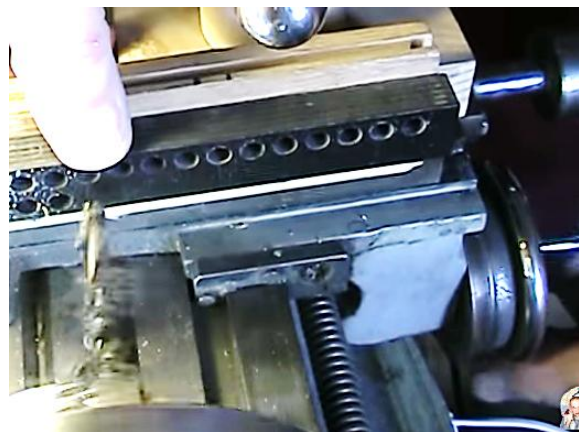
ФРЕЗЕРНО-СВЕРДЛИЛЬНЕ ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ НА ВЕРСТАТАХ ТОКАРНОЇ ГРУПИ

Підвищення ефективності механічної обробки [1] є найважливішим завданням сучасного машинобудування, що включає в себе досягнення найбільш високої продуктивності обробки із забезпеченням заданого рівня якості поверхневого шару деталей [2, 3]. Рішенням вказаного завдання в даний час може бути досягнуто за рахунок вибору найбільш раціональних методів обробки деталей, а також за рахунок обґрунтування оптимального рівня параметрів обробки, що забезпечують максимальну продуктивність або мінімальну собівартість [4, 5].

Для розширення технологічних можливостей токарних верстатів при виготовленні деталей машин в умовах дрібносерійного виробництва нами запропоновано затискне пристосування (див. рисунок).



а)



б)

Рис.1. Затискне пристосування для виконання:
а – фрезерних; б – свердильних робіт

Для побудови пристосування використовувались потужні лекальні тиски, які жорстко закріплювались на поперечному супорті токарного верстата. Дослідженням передувало математичне прогнозування розрахунку жорсткості системи ВПД для забезпечення потрібної точності вказаних операцій механічної обробки на прикладі токарного верстата 1И611П. Прогнозуванням було доведено, що на вказаному верстаті можливо, у випадку потреби, виконувати як фрезерні, так і свердильні операції.

Отже, запропонована конструкція фрезерно-свердлильного пристосування для обробки деталей на верстатах токарної групи, яка суттєво розширює їх технологічні можливості і створює передумови зменшення собівартості механічної обробки.

Література:

1. *Основи формоутворення поверхонь при механічній обробці: Навчальний посібник* / Н. С. Равська, П. Р. Родін, Т. П. Ніколаєнко, П. П. Мельничук. – Ж.: ЖІТІ, 2000. – 332с.
2. *Богуслаєв В. О. Основи технології машинобудування: Навчальний посібник* / В. О. Богуслаєв, В. І. Ципак, В. К. Яценко. – Запоріжжя : Мотор СІЧ, 2003. – 336 с.
3. *Діагностика матеріалів і середовищ.* - Львів: ФМІ ім. Г. В. Карпенка НАН України, «СПОДОМ». – 2005. – 292 с.
4. *Kascheyev V. N. Phenomena of the metals friction contact zone.* Moscow. 1978, 213p.
5. «Manual peening with the rotary flap process in Proceedings of the 7th International conference on shot peening», Poland, pp. 405–414, Warsaw, Poland, 1999.

УДК 674.023

С.В. Кондак, студент, А.В. Васильєв, канд. техн. наук, доц.
(Україна, Полтава, Полтавський національний технічний університет
імені Юрія Кондратюка)

ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ОБРОБКИ ПРОФІЛЬНИХ ВАЛІВ ДИСКОВОЮ ФРЕЗОЮ ІЗ РАДІАЛЬНОЮ ПОДАЧЕЮ

Доцільність застосування того чи іншого технологічного обладнання при різних типах виробництва в першу чергу визначається його технічною ефективністю, продуктивністю, надійністю та гнучкістю. Ефективність є комплексним показником, що найбільш повно відображає головне призначення металорізальних систем – підвищення продуктивності праці та зниження витрат при обробці деталей. При переході від одного типу виробництва до іншого змінюються вимоги до технічної ефективності обладнання, так як змінюються вимоги до продуктивності та собівартості продукції. З чого виходить, що застосування одного і того ж обладнання може бути ефективним при одному типі виробництва і менш ефективним при іншому [1-3].

Собівартість обробки залежить, в тому числі і від вартості застосовуваного технологічного обладнання, а саме від вартості (верстата, пристосувань і інструмента) [4]. У всіх способах обробки профільних валів, які можна застосувати в умовах серійного виробництва, а це: обробка на профілезліфувальних верстатах; застосування кулачкових автоматів; обробка на гідрокопіювальних верстатах; обробка на горизонтально-фрезерних, розточувальних та багатоцільових верстатах горизонтальної компоновки із застосуванням спеціального пристосування; метод огинання черв'ячною фрезой та обробка протягуванням найбільші витрати будуть припадати на придбання або створення верстата, що надає заготовці та інструменту зворотньо-поступальних рухів.

Виходячи з того, що вартість верстата і пристосувань багато в чому визначається кількістю реалізованих ними формотворчих рухів та кінематичних зв'язків, більш переважним буде використання верстатів та пристосувань, що реалізують мінімально достатню кількість формоутворюючих рухів та кінематичних зв'язків.

Аналізуючи спосіб обробки профільною фрезою із радіальною подачею можна зробити висновок, що процес формоутворення здійснюється із найменшою кількістю формотворчих рухів та кінематичних зв'язків. Так, наприклад, спосіб обробки периферією циліндричної фрези характеризується 4 формотворчими рухами і 2 кінематичними зв'язками, а запропонований спосіб характеризується 2 формотворчими рухами і 1 кінематичним зв'язком (рисунок).

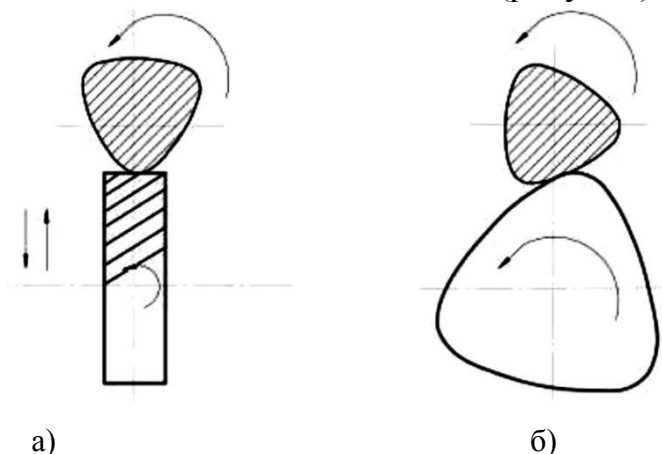


Рис.1. Способи обробки валів із рівноосним контуром: а – периферією циліндричної фрези; б – дисковою фрезою із радіальною подачею

У зв'язку з цим можна стверджувати, що вартість верстата, що реалізує даний спосіб в порівнянні з відомими способами буде набагато нижче, однак реалізація даного способу вимагає застосування спеціалізованого інструменту, що пов'язано із додатковими витратами (проектування, виготовлення та експлуатація) у порівнянні зі стандартним інструментом.

Можна припустити, що збільшення вартості такого інструменту буде незначним у порівнянні зі зменшенням вартості верстата. Таким чином, виходить, що вартість технологічного обладнання необхідного для реалізації даного способу в цілому буде знижена.

Усе вище сказане дозволяє стверджувати, що застосування запропонованого способу обробки профільних валів в умовах серійного та масового виробництва буде ефективно і доцільно.

Література:

1. Косилова, А.Г. *Справочник технолога – машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е издание, перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 496 с.*
2. Руденко П.А. *Проективання технологічних процесів у машинобудуванні. – К.: Вища школа, 1985. – 255 с.*
3. Беянин, П.Н. *Гибкие производственные комплексы. – М.: Машиностроение, 1984. – 384с.*
4. Сергеев, И.В. *Экономика предприятия. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 304 с.*

УДК 621.319

А.І. Місюренко, студент, А.В. Васильєв, канд. техн. наук, доц.
(Україна, Полтава, Полтавський національний технічний університет
імені Юрія Кондратюка)

РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ОСЬОВОГО ЗУСИЛЛЯ ПРИ СВЕРДЛІННІ В ДІАПАЗОНІ ДО 2000 Н

Вимірювання є одним з основних засобів, в результаті якого отримується вимірювальна інформація. Вимірювання може відбуватись з використанням як безшкального засобу вимірювання, так і шкальними приладами вимірювання (лінійка, ваги, динамометр та ін.) [1].

Однією із світових тенденцій поліпшення показників технічного рівня вимірювального устаткування є створення різних приладів та машин, що реалізують вже відомі принципи визначення осьового зусилля із застосуванням нових пристроїв [2]. Такі рішення швидко впроваджуються у практику. Є багато методів вирішення цієї проблеми, але всі вони мають деякі недоліки: занадто дороге обладнання, великі габарити, непоширені у побуті.

Для вирішення цього питання пропонується економічне і компактне рішення, яке не поступається а ні в якості, а ні в точності вимірів і доступності [3]. У якості базового вимірювального приладу нами запропоноване використання широковживаних побутових вагів [4].

Базова модель вагів використовується як окремий модуль (див. рисунок, а), який дозволяє оцінювати зусилля навантаження у цифровому вигляді на табло вагів. Виконане математичне моделювання дозволило одержати необхідну схему закріплення вимірювальної пластини із закріпленими тензорезисторами (див. рисунок, б). Схема закріплення забезпечує ступінь деформації вимірювальної пластини в межах не більш, ніж 0,3% при зусиллі навантаження до 2000 Н. Кожна схема закріплення потребує власного тарування показань табло пристрою.

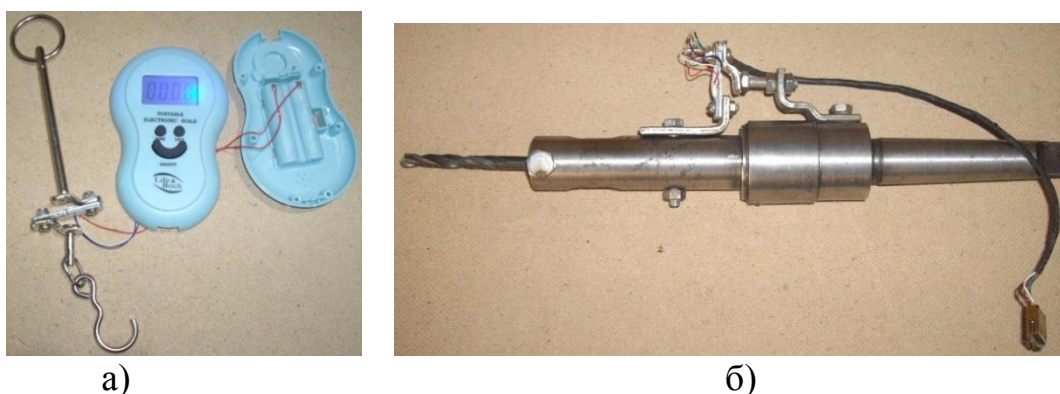


Рис.1. Пристрій для вимірювання осьового зусилля при свердлінні:
а – базова модель вагів; б – пристрій у складеному вигляді

Таким чином, запропонована конструкція пристрою для вимірювання осьового зусилля при свердлінні до 2000 Н. Конструкція забезпечує, при зміні

способу закріплення вимірювальної пластини, змінювати межі вимірюваного осевого зусилля.

Література:

1. Дунаев П.Ф. Конструирование узлов и деталей машин. М.: Высш. Школа, 2001. – 416 с.
2. ГОСТ 3057-90 Пружины тарельчатые. Общие технические условия.
3. Орлов П.И. Основы конструирования: Справочно-методическое пособие. В 2-х кн. М.: Машиностроение, 1988. – 453 с.
4. Электронные ручные весы 40 кг x 5g [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ru.aliexpress.com/item/BECBI-10-g/32894750207.html?spm=a2g0v.10010108.1000016>

УДК 621.08

А.В. Кобелецкий, студент, А.В. Васильев, канд. техн. наук, доцент
(Україна, Полтава, Полтавський національний технічний університет
імені Юрія Кондратюка)

В.П. Вовченко, викладач технічних дисциплін
(Україна, Полтава, Полтавський коледж нафти і газу)

УДОСКОНАЛЕННЯ СПОСОБУ ЗАТОЧУВАННЯ СЕРЕДНЬОРОЗМІРНИХ ГВИНТОВИХ СВЕРДЕЛ

Витрати часу на створення отворів при обробленні поверхні свердлом залежить від декількох чинників. В першу чергу залежить від оброблюваного матеріалу та від форми робочої поверхні свердла. При збільшенні швидкості оброблення матеріалу збільшується виділення тепла, що негативно впливає на інструмент і знижує його ресурс [1].

Але збільшення продуктивності праці зменшує ціну виробу. Тому метою роботи є підвищення ефективності свердління та відведення стружки за допомогою покращеного профілю свердла [2, 3].

Було запропоноване вдосконалити спосіб заточування середньо розмірних гвинтових свердел. При вирішенні поставлених завдань проводилися теоретичні й експериментальні дослідження, оцінювалася точність і достовірність одержуваних результатів.

Нами запропоновано під час заточування свердла (див. рисунок, а) зменшувати розмір перегородки з наближеною до нульовою швидкістю різання (див. рисунок, б).

Математична модель залежності перерізу модернізованого профілю свердла до зусилля свердління P_z виглядає, як:

$$P_z = K_f z,$$

де P_z – питома сила різання, кг/мм²;

f – площа шару, що зрізується одним зубом свердла;

z – число зубів що перебувають у контакті з оброблюваною поверхнею.



а) б)
Рис.1. Заточування свердла: а – положення свердла відносно заточувального круга; б – вигляд форми різальної кромки після заточування

Було встановлене наступне. При зменшенні перегородки з нульовою швидкістю різання зменшується зусилля свердління P_z , і відповідно зменшується час на обробку, але треба передбачувати зменшене зусилля притискання свердла у початку процесу свердління.

Отже, запропонований спосіб заточування середньорозмірних гвинтових свердел, який дозволяє зменшити час на обробку, але за умовою початкового зменшення зусилля притискання свердла до оброблюваної заготовки.

Література:

1. Равська Н.С. Особливості формоутворення гвинтової канавки спіральних свердел // Равська Н.С., Охріменко О.А., Плівак О.А. Вісник Національного технічного університету України «КПІ» «Машинобудування». №64. 2012. Київ. С. 136-145.
2. Мамлюк О.В. Формоутворення задніх площин свердел із подвійним заточуванням. Вестник, Машиностроение. – Київ: НТУУ «КПІ», 2000. Вип. 39. – С. 296-300.
3. Мамлюк О.В. Геометрия задних поверхностей сверл с прямолинейными подрезающими режущими кромками. Научно-технический журнал «Технологические системы», №1(7), 2001 г.

УДК 621.34

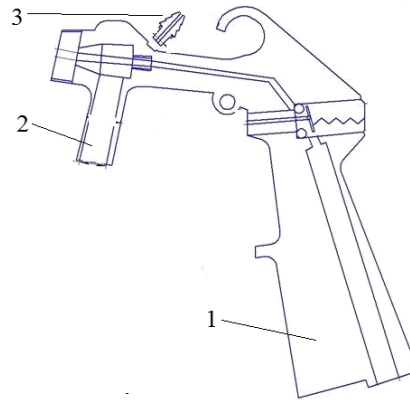
О.О. Семенов, студент, А.В. Васильєв, канд. техн. наук, доц.
(Україна, Полтава, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка)

ДОСЛІДЖЕННЯ ФОРСУНКИ ПОВІТРЯНО-ВОДЯНОГО ВИШТОВХУВАННЯ ПІСКУ ДЛЯ МЕХАНІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ ДРІБНИХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

При фарбуванні поверхонь деталей машин виникає проблема у ретельному і довготривалому їх очищенні [1]. Широко розповсюдженим методом очистки є піскоструминна обробка [2, 3]. Вона забезпечує якісну і швидку підготовку поверхні для подальшого фарбування. Спосіб використовується як в одиничному [4], так і серійному виробництві. Але широке впровадження у одиничному виробництві спосіб не набув через забруднення частинками піску у повітрі.

Нами запропонована модернізована конструкція піскоструминного пістолету, зовнішній вигляд якого наведений на рисунку, а. Для зменшення забруднення

повітря частинками піску при роботі форсунки, до неї додатково подається вода. На рисунку, б, через рукоять пістолету 1 подається стиснене повітря, через штуцер 2 засмоктується пісок, а через додатковий штуцер 3 подається вода. Вода абразивну дію піску лише посилює, одночасно зв'язує дрібні частинки піску і попереджає забруднення повітря.



а)

б)

Рис.1. Форсунка повітряно-водяного виштовхування піску:
а – базова модель піскоструминного пістолета; б – схема будови форсунки

Отже, шляхом моделювання роботи форсунки повітряно-водяного виштовхування піску, запропонована конструкція, в яку додатково подається вода. Додавання води підсилює абразивні властивості піщаної суміші, одночасно усуваючи забруднення повітря дрібними частинками піску.

Література:

1 Бондар Г.Ф. Гідравліка: загальний курс [Текст]: підручник / Г.Ф. Бондар, Н.П. Лецій. – Л. : Світ, 1994. – 264 с.

2 Li Hong. Research on deep drilling [Text] / Hong Li // Applied Mechanics and Materials, 2012. – Vols. 101 – 102 (2012). – pp. 1101–1104.

3. Кисликов В. Ф., Луцик В. В. Обладнання автомобілів і тракторів : Підручник. – К.: Либідь, 2006. – 400с.

4. Піскоструйний пістолет [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.aliexpress.com>

УДК 621.941

А.І. Карапузь, студент, С.В. Попов, канд. техн. наук, доцент
(Країна, Полтава, Полтавський національний технічний університет
імені Юрія Кондратюка)

ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ТОЧІННЯ НЕРЖАВІЮЧОЇ СТАЛІ МАРТЕНСИТНОГО КЛАСУ 40X13 ТВЕРДИМ СПЛАВОМ Т15К6

Дослідженню процесів обробки конструкційних матеріалів присвячено чимало наукових робіт, зокрема [1, 2]. Гільзи циліндрів поршневих розчинонасосів, що виготовляються зі сталі 40X13, раціонально обробляти

твердим сплавом Т15К6 [3]. Мета наукового дослідження полягає у визначенні таких умов обробки різанням заготовок з хромистої нержавіючої сталі мартенситного класу марки 40Х13, при яких витрата різців з твердосплавними пластинками Т15К6 була би найменшою.

Проведена серія експериментальних досліджень стійкості твердосплавних різців засвідчила наступне: вибір виду критерію зношування різців залежить як від виду обробки різанням (чорнова або чистова), так і від інших факторів. Якщо у складі собівартості обробки різанням переважну роль грає вартість різців, то краще обирати критерії оптимального зношування. Найбільш економічно доцільним є критерій професора М.Н. Ларіна; швидкість різання впливає на інтенсивність зношування різців. Чим більше швидкість різання, тим інтенсивніше зношується різець. При швидкості різання 107 м/хв. за 36 хв. роботи висота площадки h_p складає близько 1,6 мм, у той же час при швидкості 158 м/хв. площадка зношування вже дорівнює 2 мм, а при швидкості 172 м/хв. – сягає 2,6 мм; щоб досягти максимальної ефективності обробки різанням заготовок зі сталі 40Х13 твердосплавними різцями Т15К6, тобто обробити найбільшу кількість деталей при найменшій витраті різців, необхідно вести обробку на оптимальній швидкості різання $V_{L\max} = 135$ м/хв. до досягнення критерію зношування по задній поверхні різця $h_{z\text{ onm}} = 2$ мм.

Література:

1 Vasyliiev A., Popov S., Vasyliiev Ie., Shpylka A., Vovchenko V. Modernization of the method of rotary form making of external profile surfaces. *International Journal of Engineering & Technology*. 2018. №6/1(96). P. 55-61.

2 Vasilyev A., Popov S., Vasilyev E., Pavelieva A. Improvement the method of rotational broaching in the production of profile openings on the lathes of turning group. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. №1/1 (85). P. 4-9.

3 Pavelieva A., Vasyliiev Ie., Popov S., Vasyliiev A. The analysis of running efficiency of valve units in differential mortar pump. *Technology audit and production reserves*. 2017. №5/1 (37). P. 4-9.

УДК 621.919

Д.В. Шкарупа, студент, С.М. Гнітько, канд. техн. наук, доцент,
С.В. Попов, канд. техн. наук, доцент,
(Україна, Полтава, Полтавський національний технічний університет
імені Юрія Кондратюка)

ПРОБЛЕМИ ЗАСТОСУВАННЯ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТА ПІД ЧАС ЗОВНІШНЬОГО ПРОТЯГУВАННЯ ВАЖКООБРОБЛЮВАНИХ СПЛАВІВ

Аналіз процесу протягування показує, що в нашій країні та за кордоном застосовують в основному цільні швидкорізальні і напаяні конструкції протяжок [1-2]. Швидкість різання не перевищує 6 м/хв.

На ДП «Науково-виробничий комплекс газотурбобудування «Зоря» – «Машпроект» (м. Миколаїв) успішно впроваджена напаяна конструкція протяжного інструменту. Це дозволило обробляти замкові поверхні лопаток компресора на підвищених швидкостях до 30 м/хв. Для цих цілей були модернізовані протягувальні верстати, що дозволило збільшити швидкість різання

до 26-30 м/хв. при обробці лопаток з важкооброблюваних сплавів ВТ8М, ХН35ВТЮ-ВД. Модернізація верстатів проведена за рахунок виготовлення нового гідроциліндра зі зменшеним зовнішнім діаметром корпусу та колишнім діаметром штока.

Модернізація протягувального устаткування типу 7А540 дозволила забезпечити швидкість різання до 30 м/хв. При цьому максимальне тягове зусилля модернізованих верстатів знизилося в окремих випадках більш ніж у 2 рази. Однак для механічного протягування замкових поверхонь лопаток компресора цього зусилля цілком достатньо.

Протягування здійснюється протягувальними блоками. Лопатка обробляється поетапно з п'яти боків (чорновий, напівчистовий, фасочний, чистовий).

Однак застосування напаяних конструкцій протягувального інструменту має недоліки: у результаті заточування, переточування або напайки зубів протяжок утворюються тріщини в структурі твердого сплаву від виникаючих внутрішніх напружень при перепаді температур [3]; перезаточування ріжучих зубів протяжок проводиться неоднаково по задній і передній поверхнях, що збільшує або зменшує значення перепадів між зубами, що є причиною швидкого зносу протяжки; державка від напаяної конструкції протяжки повторно не використовується, а утилізується; суттєве порушення одного або кількох ріжучих зубів у протяжки є причиною зняття або заміни всієї протяжки; зношування зубів протяжок відбувається неоднаково, а перевстановлення протяжок проводиться за критерієм самого пошкодженого зуба, при цьому, найчастіше, інші ріжучі кромки ще працездатні; у виробничому серійному цехові для переточування протяжок необхідна організація заточувальної дільниці із високоточними верстатами, заточувальниками із високою кваліфікацією, і високоякісним абразивним інструментом і ін. [4].

Розв'язком даної проблеми є застосування збірних конструкцій протягувального інструменту. Використання таких протяжок зі змінними твердосплавними пластинами має ряд переваг:

- виключення з технологічного процесу трудомістких операцій заточування і пайки, які потребують додаткових витрат з організації заточувальних ділянок і ділянок пайки, технологічної оснастки, обладнання та абразивного інструменту;
- значне збільшення терміну служби самого корпусу протяжки;
- максимальна взаємозамінність та уніфікація складових елементів збірної протяжки, скорочення номенклатури ріжучих пластин;
- скорочення витрат дорогих твердих сплавів та повторне їх використання;
- безперервність постійного поліпшення технологічного процесу за рахунок вибору і впровадження більш сучасних твердосплавних пластин з різних сплавів та з різними жароміцними покриттями, що дозволяє підвищити режими різання і отримати більш якісну оброблену поверхню;
- скорочення часу зміни зношених різальних кромок пластин шляхом заміни або переустановлення твердосплавних пластини. При використанні цільних і

напаяних протяжок доводиться знімати зношену протяжку і встановлювати нову (або переточену), що займає багато часу.

Також існує проблема руйнування пера лопатки компресора при протягуванні одночасно за трьома боками. З використанням збірних конструкцій протягувального інструменту необхідно вирішити задачу зниження складових сили різання.

Література:

1. Vasilyev A., Popov S., Vasilyev E., Pavelieva A. *Improvement the method of rotational broaching in the production of profile openings on the lathes of turning group. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies.* 2017. №1/1 (85). P. 4-9.

2. Vasyliiev A., Popov S., Vasyliiev Ie., Shpylka A., Vovchenko V. *Modernization of the method of rotary form making of external profile surfaces. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies.* 2018. №6/1(96). P. 55-61.

3. Сулима А.М., Шулов В.А., Ягодкин Ю.П. *Поверхностный слой и эксплуатационные свойства деталей машин.* Москва: Машиностроение, 1988. 238 с.

4. Петухов Г.Д., Макаров В.Ф. *Разработка режущего инструмента для протягивания деталей газотурбинного двигателя при повышенных режимах резания. Сборка в машиностроении.* 2015. С.23-30.

УДК 621.822.6

Д.Ю. Зозуля, студент, С.В. Попов, канд. техн. наук, доцент
(Україна, Полтава, Полтавський національний технічний університет
імені Юрія Кондратюка)

ДОСЛІДЖЕННЯ ШЛІФУВАННЯ СФЕРИЧНИХ ПОВЕРХОНЬ РОЛИКІВ ПІДШИПНИКІВ

Вдала конкуренція на ринку машинобудівного виробництва може відбутися лише із вирішенням проблеми забезпечення високої якості виробів. Ця проблема значною мірою відноситься до виробництва підшипників кочення на підприємстві ПрАТ «СКФ Україна» (ВАТ «Луцький підшипниковий завод», м. Луцьк, Україна) [1-3].

Особливо важливим є забезпечення високої точності обертання, довговічності та безшумності підшипників кочення. Всі службові, експлуатаційні властивості підшипників кочення зумовлені якістю поверхневого шару і точністю робочих поверхонь їх кілець та тіл кочення. Однак, мало робіт присвячено вивченню технології обробки тіл кочення роликів підшипників, зокрема конічних [4-6]. Ролики конічних підшипників мають дві робочі поверхні: конічну твірну та сферичний торець. Найменш вивчена технологія обробки сферичної поверхні торця.

На основі аналізу проблем, була сформульована мета роботи – підвищення точності обробки під час шліфування сферичних поверхонь роликів конічних підшипників кочення шляхом удосконалення методів обробки.

За результатами проведених досліджень були отримані наступні висновки.

Для зменшення хвилястості оброблюваного торця необхідно зменшувати низькочастотну складову хвилястості опорної поверхні дисків. Низькочастотна складова хвилястості дисків викликана зносом робочої поверхні та осьовим биттям підшипників в опорах шпинделя виробу. Високочастотна складова хвилястості опорної поверхні дисків має істотно менший вплив на хвилястість торця. Періодичні похибки робочої поверхні дисків надають істотний вплив на періодичні похибки обробки оброблюваного торця.

На низькочастотну складову хвилястості оброблюваного торця найбільший вплив мають овальність та огранювання шліфувального круга. Для зменшення низькочастотної складової хвилястості необхідно дотримуватися технологічно обґрунтованого міжправочного періоду. Показником необхідності правки є значне збільшення періодичних похибок обробки торця на 2...5 гармонійних складових. Застосовувані на виробництві режими правки забезпечують отримання необхідного профілю шліфувального круга тільки на виході, де його знос мінімальний. Для зменшення даного явища необхідно регулювати швидкість правки. На вході вона повинна бути мінімальною, оскільки знос круга найбільший. До виходу швидкість правки можна збільшити.

Період припрацювання шліфувального круга незначний і спостерігається тільки до кінця періоду між правками. Відбувається інтенсивний процес копіювання хвилястості, вплив демпфірування шліфувального круга на вулканітовій зв'язці на зменшення амплітуди хвилястості незначний. Ознакою критичного зносу шліфувального круга й необхідності правки є зростання низькочастотної складової хвилястості торця та збільшення різниці значень радіуса сфери.

Збільшення швидкості кругової подачі надає негативний вплив на параметри оброблюваного торця: хвилястість, шорсткість та радіус сфери збільшуються.

Література:

1. Фролов Є.А., Кравченко С.І., Попов С.В., Гнітько С.М. *Технологічне забезпечення якості продукції машинобудування: монографія*. Полтава: Технологічний центр, 2019. 204 с.
2. Васильев А.С., Дальский А.М., Клименко С.А., Полонский Л.Г., Хейфец М.Л., Яцерицын П.И. *Технологические основы управления качеством машин*. Москва: Машиностроение, 2003. 256 с.
3. Корешков В.Н., Кусанин Н.А., Хейфец М.Л. *Управление качеством и сертификация продукции*. Полоцк: ПГУ, 2000. 64 с.
4. Онищенко О.Г., Попов С.В. Регульовані конічні підшипники ковзання мобільної розчинозмішувальної установки УРЗ-3,8 // *Восточно-европейский журнал передовых технологий*. – 2005. – №6/1 (18). – С. 45–47.
5. Зінов'єв Г.С., Попов С.В., Бойко С.А. Підшипник ковзання, здатний до самоочищення. *Восточно-европейский журнал передовых технологий*. 2011. №5/1 (53). С. 68–70.
6. Попов С.В., Васильев А.В., Леднік Р.А. Теоретичне дослідження зносу конічного підшипника ковзання. *Технологический аудит и резервы производства*. 2015. №2 (22). С. 60–64.

І.В. Стеценко, студент, А.В. Калашников, канд. техн. наук, доцент
(Україна, Полтава, Полтавський національний технічний університет
імені Юрія Кондратюка)

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВЕДІНКИ КОМПОЗИТНИХ ПАНЕЛЕЙ ПІД ДІЄЮ УДАРНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

Проблема розробки ударостійких матеріалів полягає у створенні багатофункціональних композиційних панелей та захисних конструкцій на їх основі [1]. Забезпечення стійкості і працездатності цих конструкцій є найважливішим завданням. Експериментальне дослідження необхідної міцності та надійності виробів є складним технічним завданням. Його вирішення вимагає великих енергетичних і фінансових ресурсів. Важливу роль набуває моделювання процесів, що протікають при їх експлуатації. Воно дає рекомендації з правильного вибору матеріалів розроблюваних композитів.

У результаті проведеного експериментального дослідження глибини лунок, що утворились на поверхні композитної панелі під дією ударних навантажень, визначено оптимальні параметри математичної моделі. Ця модель описує залежність глибини деформації з врахуванням кількості шарів композитних панелей, їх кута встановлення та дистанції польоту ударника. На основі дослідження математичної моделі, відповідно до запропонованої методики, визначено екстремальні значення функції відгуку від впливу конкретного фактору експерименту, побудовано тривимірні графіки залежності глибини отриманої лунки при постійних значеннях відповідних величин: кількості шарів панелі, кута встановлення заготовки та дистанції польоту ударника. Оптимальною кількістю шарів розробленої панелі для даних видів композитів є 2 шт., адже при одному шарі глибина деформацій перевищує товщину панелі – як наслідок її пробивання. При трьох шарах глибини лунок сягають лише проникнення в другий шар, тому виготовлення останнього є економічно недоцільним. Кут встановлення та дистанція підльоту, згідно отриманих даних, впливають але не так критично, адже варіювання глибини проникнення менше 10 мм, в залежності від граничних значень (тобто ударник в усіх випадках проникає в другий шар та залишається в ньому).

Література:

1 Броньова двошарова композитна панель: пат.: 126653 Україна: МПК F41H 5/00, F41H 5/04 (2006.01). № 201801518; заявл. 15.02.2018; опубл. 25.06.2018. Бюл. №12. 4 с.

О.В. Костік, студент, А.В. Калашников, канд. техн. наук, доц.
(Україна, Полтава, Полтавський національний технічний університет
імені Юрія Кондратюка)

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДУ ВІБРАЦІЙНОГО РІЗАННЯ З МЕТОЮ ПОКРАЩЕННЯ ШОРСТКОСТІ ОБРОБЛЮВАНОЇ ПОВЕРХНІ

При фрезеруванні виникають вібрації за рахунок обертання інструменту, що створює додаткові погрішності і збільшення шорсткості [1-4]. Мета дослідження полягає у використанні вібростолу з метою гасіння коливань інструмента коливаннями вібростолу (рисунок).

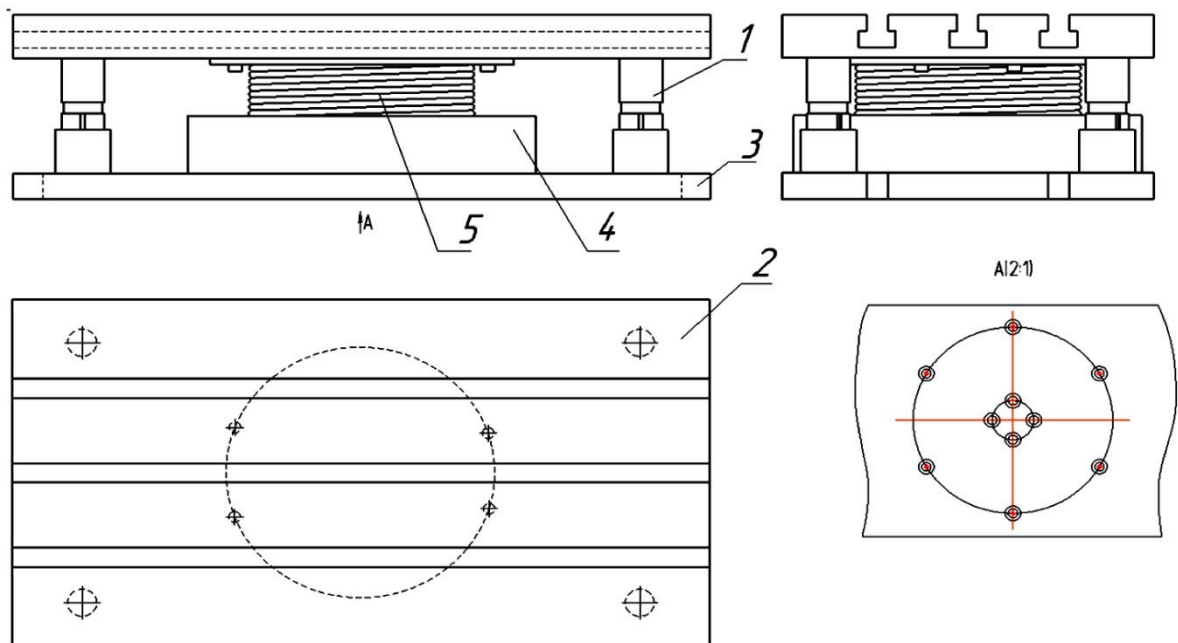


Рис.1. Вібростіл: 1 – стійка, 2 – верхня плита, 3 – нижня плита,
4 – хомут котушки, 5 – котушка

Вібростіл складається з: верхньої та нижньої плити з'єднаних між собою амортизаційними стійками за допомогою різбових сполучень. До нижньої плити кріпляться нерухомий корпус и стержень віброкатушки за допомогою болтового з'єднання. На стержні віброкатушки намотується мідний провід діаметром 1 мм. Через різбові отвори у верхній плиті кріпиться додаткова мідна котушка з охолоджувальною системою, яка забезпечує температурний режим роботи віброкатушки. утворення стружки не визначається статичним дією ріжучої кромки на оброблювану деталь, а пов'язано з ударними динамічними впливами. У такому випадку за модель різання слід приймати коливальну систему верстат – пристосування – різальний інструмент – оброблювана деталь, яка дозволяла б динамічно проаналізувати механізм утворення стружки. Зі спостережень і результатів таких експериментальних досліджень можна прийти до висновку, що

при звичайному різанні ріжуча кромка різця, встановленого в супорті, аж ніяк не нерухома, а робить невеликі коливання складного характеру з нестабільною частотою і амплітудою.

У зв'язку з цим виникає думка про те, що, ймовірно, буде доцільно змусити регулярно вібрувати ріжучу кромку різця. Якщо створити такі умови, за яких ріжуча кромка не буде притискатися до швидко оброблюваної деталі в такій мірі, щоб викликати зазначені коливання, а інструмент буде коливатися під дією окремо встановленого вібратора або коливального приводу, То тоді поставлена мета може бути досягнута.

Література:

1 Кумабэ Д. *Вібраційне різання. Т.1.* – М: Машинобудування, 1985.

2 Анурьев В.И. *Довідник конструктора. Т.1.* – М: Машинобудування, 1978.

3 Болотин Х.Л.; Костроми Ф.П. *Верстатні пристосування.* – М.: Машинобудування, 1983.

4 Вульф А.Н. *Різання металів. Л.: Машинобудування, 1973.*

УДК 621.512

Мельник Н.С., Бондар О.В., канд.техн.наук.,доц.

(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

АВТОМАТИЗАЦІЯ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ВИРОБУ ПРОЕКТУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Діяльність підприємств в умовах ринкових відносин потребує постійного оновлення асортименту конкурентоздатної продукції, що випускається. Основні аспекти, які визначають конкурентноздатність продукції протягом його життєвого циклу (ЖЦ) [1]: підвищення якості; повна відповідність вимогам конкретного замовника; зниження собівартості; зменшення часу виходу на ринок.

Основним засобом, що дозволяє здійснювати випуск високоякісної продукції, є впровадження на виробництві сучасних інформаційних технологій, а для машинобудівного виробництва, зокрема, - систем автоматизованого проектування (САПР) [2].

При проектуванні деталей машин особлива увага приділяється якості проектування, від якого залежить надійність й довговічність роботи цілого агрегату. Тому при виборі тієї або іншої САПР системи важко однозначно зрозуміти, як вплине її використання на підвищення продуктивності та якості конструкторсько-технологічного проектування. Для вирішення цієї проблеми потрібно, перш за все, визначити чинники, за рахунок яких досягається ефективність використання системи, а також звернутися до світового досвіду використання САПР.

На ринку програмного забезпечення використовується велика кількість програмних продуктів з різним рівнем можливостей. Досліджено, що на підприємствах нашого міста використовуються наступні САПР: КОМПАС, SolidWorks; PRO/E, Delcam (Autodesk) Power Solution, AutoCAD.

За результатами досліджень, основними критеріями, що впливають на ефективність використання САПР, є час і грошові витрати на розробку прототипів продукції машинобудівних підприємств, а також час і витрати на внесення змін до прототипів і продуктів, що випускаються. При дослідженні було зроблено статистичний аналіз з приводу основних чинників, які є визначними передумовами для використання САПР, серед них: скорочення часу проектування виробів - 91%; скорочення витрат на проектування - 38%; збільшення технологічності проєктованих продуктів - 30%; прискорення доопрацювань виробів відповідно до вимог замовників - 15%.

При проектуванні ЖЦ виробу проходить такі етапи: промисловий дизайн, конструкторсько-технологічне проектування, інженерний аналіз, формування робочої документації та безпосереднє її виготовлення. За рахунок впровадження САПР відбувається перехід від традиційного послідовного до наскрізного паралельного циклу створення деталей. Порівнюючи ці цикли, можна побачити, що впровадження САПР зменшує час на конструкторсько-технологічну підготовку виробництва; збільшує загальну частину інженерних розрахунків та оптимізації конструкції, при зниженні їх трудомісткості; скорочується загальний цикл розробки виробу. Центральна ідея впровадження САПР полягає в тому, щоб засобами комп'ютера створити просторову геометричну модель необхідного виробу. Створена модель може бути використана для подальшого рішення цілого спектра завдань конструкторсько-технологічного проектування: дизайнерська проробка, випуску креслень, проектування оснащення, розробки керуючих програм для верстатів з ЧПК, інженерні розрахунки та оптимізація конструкції та багато інших.

Таким чином, використання САПР дозволить підвищити продуктивність та якість конструкторсько-технологічного проектування на 90%, прискорити внесення змін та вихід продукту на ринок на 80%, зменшити витрати на проектування на 50%.

Література:

1. В.Г. Концевич, С.М. Ващенко. Системная модель поршневого компрессора // Вісник СумГУ - Суми, 2012 р.
2. Норенков И. П. Основы автоматизированного проектирования. - М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2015. - 336с.

УДК 621.952.529.229

Куліш В.С. студент, Нечаєв В.П. канд.техн.наук., доц.
(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

НАКЛАДЕННЯ УЛЬТРАЗВУКОВИХ КОЛИВАНЬ НА РІЗУЧИЙ ІНСТРУМЕНТ

Проблема швидкого зношення ріжучого інструменту під час різанні металу, те-що ресурс інструменту витрачається, головним чином, на пластичну деформацію зрізаного шару, та зовнішнє тертя на робочих гранях інструменту.

Для поліпшення даного процесу є перспективним інтенсифікація процесів механічної обробки, в тому числі обробки-зміцнюючої, коли поряд з основними рухами, передбаченими кінематикою процесу, до формоутворюючого інструменту повідомляються ультразвукові коливання. Ультразвукові коливання, що повідомляються до різального інструменту, можуть мати значний вплив на обидві основні складові роботи різання: створювані ними знакозмінні напруги прискорюють рух і утворення дислокацій, забезпечуючи виникнення пластичної деформації при більш низькій нарузі, а циклічні переміщення контактних поверхонь викликають періодичний поворот векторів сил тертя на робочих гранях інструменту, значно зменшує опір с ходу стружки і полегшує процес стружкоутворення.

Крім того, при різанні в'язких матеріалів на робочій поверхні інструменту часто виникає гальмування, або "застій" металу ("нарост"), і спостерігається своєрідне тертя спокою, що супроводжується великою силою тертя і погіршенням якості поверхні. Ультразвукові коливання усувають "застій" металу на інструменті, зменшують силу тертя і покращує якість поверхні.

Таким чином застосування ультразвукових коливань дозволяє підвищити продуктивність обробки в 2-3 рази і стійкість інструменту підвищується в 1,5 - 2 рази.

Найбільш широко ультразвукові коливання застосовуються при обробці жароміцних і титанових сплавів, а також при різанні матеріалів з твердих неметалів і полімерних матеріалів що призводить до підвищення якості оброблюваних поверхонь, зменшення нагрівання матеріалу, зниження ймовірності "відколів" (для твердих неметалів) і "пательок" (для полімерів).

Технологія накладення ультразвукових коливань на ріжучий інструмент застосовується при проведенні наступних видів робіт:

- різання (стругання, токарна обробка, фрезерування, свердління, нарізування різьблення); гравірування; шабрування; полірування; спилування;
- вигладжування; пробивання отворів; розчищення.

Література:

1. Михин Н. М. Трение в условиях пластического контакта. М.: Наука, 1968.

2. Сайт: www.heuristic.su

УДК 004.652.2:621.7.044.001.24(076.5)

Ряполов В. Д., Овчинникова А. Р., Лагута Р. С., В. В. Третьяк В. В., професор (Україна, м. Харків, Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського "ХАІ")

РОЗРОБКА ПРОГРАМИ ДЛЯ РОЗРАХУНКІВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ІМПУЛЬСНОГО ШТАМПУВАННЯ ЛИСТОВИХ ДЕТАЛЕЙ ТИПУ ЕЛАСТИЧНИХ ДНИЩ

Імпульсне штампування застосовують в літакобудуванні та авіадвигунобудуванні для виготовлення різних складних листових деталей: днищ, жорсткостей, днищ та тощо.

Даний метод штампування був розроблений в ХАІ професором Піхтовниковим Р. В. і досі є одним із ефективних методів для виробництва листових деталей при невеликій серійності.

Переваги такого методу полягають в можливості формоутворення великогабаритних деталей з підвищеними показниками точності штампування деталей, та значного скорочення витрат на виготовлення технологічного оснащення і устаткування.

Процес листового штампування енергією вибухових речовин може бути використаний по такій простій схемі. На матрицю 1 (рис. 1) укладають заготовку. Для зникнення гофрів при штампуванні фланець заготовки притискається до матриці за допомогою притискного кільця 2 і фіксуючих елементів 3.

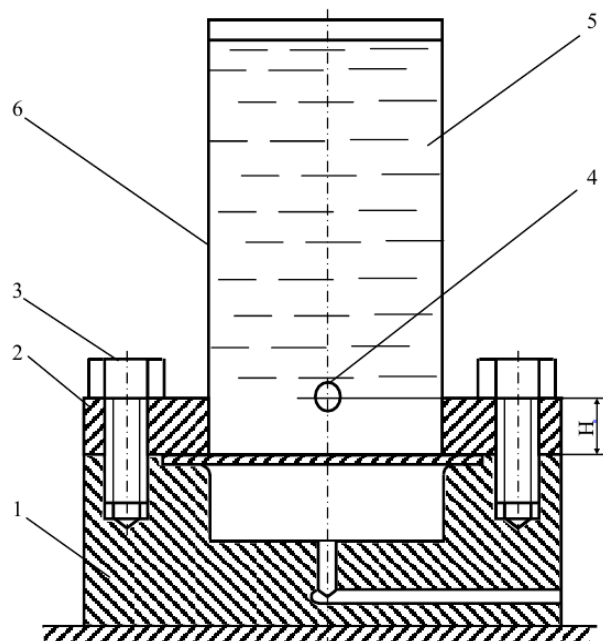


Рис. 1. Найпростіша схема для листового імпульсного штампування :
1 – матриця; 2 – притискне кільце; 3 – фіксуючі елементи; 4 – джерело імпульсного навантаження; 5 – передаюче середовище (вода);
6 – разовий басейн;

Над заготовкою вмонтовується заряд імпульсного навантаження 4, що розміщується в передаючому середовищі - воді 5, яка може бути розміщена в разовому басейні 6, який встановлюється на притискному кільці 2. Порожнина матриці герметизується за допомогою пластичної маси та спеціальних манжет або гумових кілець - ущільнювачів.

При ініціюванні джерела імпульсного навантаження утворюються ударна хвиля і гідропоток, який виникає при розширенні газового пузиря. Вони передають частину енергії, що трансформується в механічну роботу, на деформування заготовки. Остання, поглинаючи цю енергію, розганяється і рухається з великою швидкістю в порожнину матриці, витісняючи там повітря.

Для запобігання появи дефектів, пов'язаних із стисненням повітря, останнє (в більшості випадків) перед штампуванням вакуумується з порожнини матриці і віддаляється з матриці.

Найчастіше всього процес штампування можна здійснювати в стаціонарних гідровибухових басейнах (басейнове штампування) або в легко руйнованих разових басейнах (безбасейнове штампування).

Основними проблемами розробки технологічного процесу є точний розрахунок енергії штампування і точне розташування джерела імпульсного навантаження. Для швидкого розрахунку технологічних параметрів в об'єктно-орієнтованому середовищі розроблено програму для розрахунку саме таких параметрів.

На рис. 2 представлена головна форма розробленої програми для виконання розрахунків основних технологічних параметрів, яка може бути використана як на виробництві, так і в учбовому процесі.

The screenshot shows a software application window titled "Расчет коэффициента полезного действия процесса" (Calculation of the coefficient of useful effect of the process). It is divided into several sections:

- Входные параметры (Input parameters):**
 - Коэффициент энергии на изгиб по перетяжному ребру - K_t : 1.5
 - Радиус закругления перетяжного ребра - r_0 , мм: 4
 - Коэффициент преодоления трения - K_t : 1.3
 - Коэффициент первой степенной аппроксимации кривой упрочнения материала - β_1 : 32700000
 - Коэффициент второй степенной аппроксимации кривой упрочнения материала - α_2 : 0.24
 - Диаметр заготовки D_0 , м: 0.208
 - Диаметр фланца $D_{фл}$, м: 0.201
 - Диаметр отверстия матрицы - D_m , м: 0.150
 - Толщина заготовки - δ , м: 0.001
 - Конечный прогиб заготовки - I , м: 0.020
- Входные параметры (Input parameters):**
 - Энергия деформирования фланца - $A_{фл}$, Дж: []
 - Энергия формообразования сферического - $A_{сф}$, Дж: []
 - Полная работа деформирования - A , Дж: []
- Formulas:**

$$A = A_{фл} + A_{сф}$$

$$A_{сф} = \frac{B}{1 + \alpha} \left(\frac{4f^2}{3D^2} \right)^{1+\alpha} \pi D$$

$$A_{фл} = \frac{K_a K_m \pi B}{1 + \alpha} \left(\frac{2}{\sqrt{3}} \frac{K_o K_{фл}}{K_o - 1} \ln K_o \right)^{1+\alpha} D^2 / 4 (K_o^2 - 1) \delta$$
- Diagram:** A schematic diagram of a sheet metal part being formed, showing dimensions δ , h , D , $D_{фл}$, D_0 , and f .
- Входные параметры (Input parameters):**
 - Полная работа деформирования заготовки - A , Дж: 396.3659
 - Теплотворная способность дж/кг: 4290000
 - Масса заряда, кг: 0.005
- Выходные параметры (Output parameters):**
 - Энергия заряда Дж: 21540
 - Коэффициент полезного действия: 1.851215784
- Buttons:** "Расчет цикла", "График", "Показать", "Расчет", "Очистить", "Очистить всё".

Рис. 2. Основна форма для розрахунків параметрів технологічного процесу імпульсного формоутворення листової деталі

УДК 621.9.02

Тувішкін Ю.О., магістрант, Цивінда Н.І., канд.техн.наук, доц.
(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

ВИБІР МАТЕРІАЛУ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ І ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ОБРОБКИ НІКЕЛЬВМІСНИХ СТАЛЕЙ

Метою роботи був вибір матеріалу різального інструменту і технологічних параметрів обробки нікельвмісних сталей.

До нікельвмісних сталей відносяться жаростійкі, жароміцні і корозійностійкі сталі. Як правило, це сталі з високим вмістом легуючих елементів. При порівнянні фізико-механічних властивостей нікельвмісних сталей і звичайних

було з'ясовано, що перші мають велику пластичність і меншу теплопровідність. Тому при механічній обробці цих сталей виникає ряд складнощів.

Жароміцні нікелеві сплави як єдиний клас матеріалів значно розрізняються між собою по стійкості інструменту при їх обробці. Низька оброблюваність нікелевих сплавів пояснюється їх високою пластичністю і схильністю до зміцнення в результаті пластичної деформації при різанні, здатністю зберігати міцність і твердість при температурах до 1200°C. Жароміцні сплави характеризуються, крім того, яскраво вираженими абразивними властивостями, що проявляються завдяки присутності твердих карбідів типу Me_6C [1].

У зв'язку з низькою теплопровідністю нікельвмісних сталей, температура в зоні різання значно підвищена, що призводить до швидкого зносу інструменту. Рішення цієї задачі і стало головною метою роботи.

Усі ці явища вимагають особливого підходу до обробки даних сталей різанням, особливо, якщо обробка йде в автоматизованому режимі на верстатах з ЧПУ. Заходи з пониження впливу негативних чинників були розглянуті на прикладі токарної обробки, як найбільш поширеної. Рух різця в даному випадку відбувається по двох координатах в горизонтальній площині.

Під впливом сил різання відбувається часткове зміщення кристалічної решітки - виникає наклеп (поверхнєве зміцнення). При цьому значна частина енергії тертя інструменту переходить в теплову, а як було вказано вище - матеріал має низьку теплопровідність. Поверхня деталі нерівномірно нагрівається, виникає вібрація, внаслідок чого, негативна дія перерахованих чинників посилюється.

Щоб інструмент не так швидко зношувався, можна зменшити шар припуску, що знімається, і подачу інструменту, а також підвищити оберти шпинделя. В результаті шорсткість знизиться. Непогано зарекомендували себе способи обробки сталей із застосуванням кислоти – це дозволяє понизити прискорений знос інструменту і наклеп проте, це дуже негативно позначається на токарному устаткуванні і екології процесу [2].

В загальному випадку спостерігається абразивний, адгезійний, дифузійний знос інструменту, а також процеси, пов'язані з видаленням з поверхні інструменту продуктів хімічної взаємодії з елементами оброблюваного матеріалу і довкілля. При точінні жароміцних нікелевих сплавів відбувається специфічний знос інструменту. По краях контакту стружки і заготовки з різцем з'являються ділянки підвищеного зносу, розмір яких у декілька разів перевищує ширину фаски зносу. На такий характер зносу інструменту вказують багато дослідників [2,3,5].

В роботі були проведені ряд дослідів обробки нікельвмісних сталей на токарній операції, для порівняння стійкості різців з різних матеріалів. Результати експериментів приведені в таблиці 1.

Як видно з таблиці 1 інструменти, оснащені пластинами з КНБ мають в 3 рази велику стійкість при більшій швидкості різання. На основі виконаного широкого комплексу досліджень можна зробити висновок, що використання інструментів, оснащених ПСТМ на основі КНБ, є доцільнішим при механічній обробці нікельвмісних сталей. Також пластини на основі КНБ відрізняються високою теплопровідністю, що істотно покращує відведення тепла із зони різання і отже

стійкість інструменту зростає.

Таблиця 1 - Результати експериментів

Інструмент	Оброблюємий матеріал і його твердість	Режими різання			Стійкість різця, хв
		V, м/хв	S, мм/об	t, мм	
MK2 CNMM190612 (BK10XOM)	XH77TIOP 335 HB	50	0,15	1	11
CNMG 190612 (VP10RT)	XH77TIOP 300 HB	20	0,4	7	20
KORLOY NC3020	XH77TIOP 290 HB	30	0,4	6	25
MITSUBISHI UE6020	XH77TIOP 300 HB	40	0,5	6	30
BK8	XH77TIOP 300 HB	10	0,05	0,5	5
cBN	XH67МКЮВТБРЛ 340 HB	90	0,18	2	70
cBN	XH77TIOP 295 HB	90	0,25	6	90

Згідно рис. 1, існує лінійна залежність між стійкістю інструменту з пластинами з КНБ і швидкістю різання при точінні 5 марок нікелевих сплавів в діапазоні швидкостей різання від 0,2 до 2,0 м / с.

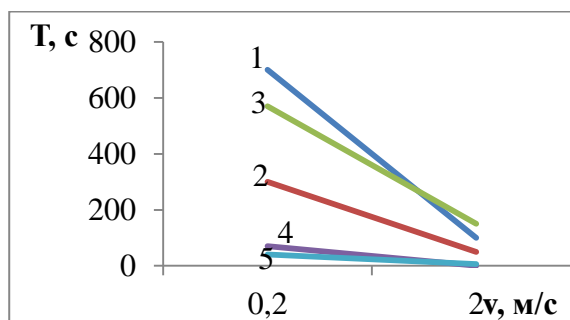


Рис. 1. Стійкісні залежності для різців оснащених пластинами з КНБ, при обробці нікелевих сплавів: 1 - XH45MBTЮБР; 2 – XH30BMT; 3 - XH60BT; 4 – XH67BMTЮ; 5 – XH57МКЮВТБРЛ

На рис. 2 представлена стійкісна залежність, побудована за величиною зносу в двох зонах різця, оснащеного пластинами з КНБ при точінні сплаву XH57МКЮВТБРЛ. Максимальна стійкість в середній частині різця досягається при швидкості різання 3,0 м / с. При точінні сплаву XH77TIOP зі швидкістю різання 5,8 м / с досягається локальний максимум стійкості інструменту оснащеного пластинами і КНБ [5].

Отже, підбиваючи підсумки, в результаті проведених досліджень на підприємствах Кривого Рогу, було вирішено запропонувати механічну обробку нікельвмісних сталей інструментами оснащеними пластинами з КНБ, для підвищення продуктивності обробки та стійкості інструменту.

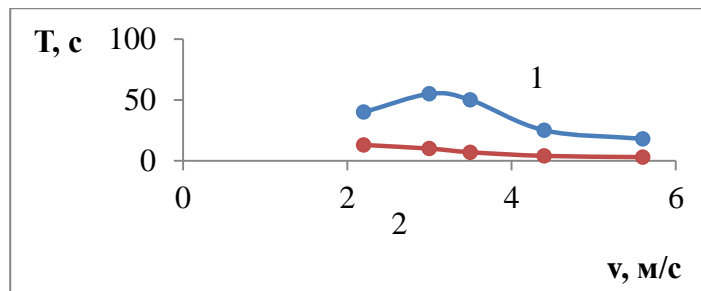


Рис. 2 Залежність стійкості інструменту, оснащеного пластинами з КНБ від швидкості різання при точінні сплаву ХН57МКЮВТБРЛ: 1 - знос в середній частині контактної ділянки; 2 - знос в місці сходу вільного краю стружки

Проаналізувавши результати експериментів, були запропоновані наступні технологічні параметри обробки, які змінюються в залежності від етапу обробки на токарній операції, і оброблюваного матеріалу: швидкість різання - 70 ... 90 м / хв; подача - 0,15 ... 0,25 мм / об; глибина різання - 1 ... 4 мм; МОР - вуглекислота (при можливості).

Виходячи з аналізу фізико-механічних властивостей нікельвмісних сталей, було рекомендовано використовувати круглі пластини, і подачу МОР під високим тиском на задню поверхню інструмента.

Література:

- 1.Кнорозов Б. В., Усова Л. Ф. и др. *Технология металлов и материаловедение*. - М.: Металлургия, 1987.- 800с.
- 2.Кіяновський М. В. *Виробничі дослідження стійкості інструментальних матеріалів при обробці деталей гірничо-металургійного комплексу* / М. В. Кіяновський, Н. І. Цивінда // *Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем: зб. наук. праць*. – Краматорськ : ДДМА, 2010. – Вип. 26. – С. 360–366.
- 3.Porat R., Malek J/*Binder mean-free-path determination by coercive force and material composition* // *Mater. Sci/ Eng. A.* – 1988. – V. 105 / 106, № 1 / 2. – P. 289-292.
- 4.Гриценко Э.И., Дальник П.Е., Чапалюк В.П. *Точение никелевых сплавов инструментами из кубического нитрида бора*. – Киев: Наук. Думка, 1993. – 106 с.
- 5.Клименко С.А., Виноградов О.О., Муковоз Ю.О. и др. *Сверхтвердые материалы. Получение и применение. Том 5:Обработка материалов лезвийным инструментом*. – Киев: ИСМ им. В. Н. Бакуля, ИПЦ АЛКОН НАНУ, 2006. – 316 с.

УДК 621.7.044: 004.658.5

Онопченко А.В, асистент, Третяк В.В., професор
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ»
(Україна, Харків, Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ»)

ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ МАСИ ЗАРЯДУ ВІД ДІАМЕТРА ПЛОСКОЇ ЗАГОТОВКИ

Неухильне підвищення ефективності виробництва є головним завданням розвитку економіки нашої країни на найближчі роки і на тривалу перспективу.

Однією з проблем, яка виникає на промислових підприємствах, є виробництво великогабаритних листових виробів (деталі ракет, літаків, двигунів, кораблів та ін.) з високоміцних матеріалів. Для виготовлення таких деталей в умовах ковальсько-пресового виробництва потрібне дороге устаткування, а в окремих випадках практично неможливо створити потрібні силові установки, для чого необхідні якісно нові енергоносії, принципово нові технологічні процеси.

У нашій країні у пошуках раціонального вирішення складної технологічної проблеми проводяться дослідження в області використання нових енергоносіїв.

Існує можливість застосування під час оброблення металів тиском як енергоносії горючих сумішей і зріджених газів, електромагнітних і електрогідравлічних сил, а також бризантних вибухових речовин (БВР).

Специфічні умови, в яких відбуваються процеси імпульсної деформації заготовок, накладають відбиток на характер поведінки матеріалу заготовки, а також на вибір основних технологічних параметрів процесу.

Важливою перевагою процесу листового штампування вибухом є можливість керування процесом деформації шляхом вибору основних технологічних параметрів.

Головною метою цієї роботи є визначення величини заряду при вибуховому штампуванні листових деталей, що одержують з плоских заготовок.

Від правильного його визначення залежить якість виробу, вартість виготовлення, стійкість оснащення. Можна сказати, що вага заряду визначає техніко-економічні показники процесу.

Якщо маса заряду менше мінімально необхідної, деталь не буде повністю оформленою. Зайве збільшення маси заряду призведе до передчасного спрацювання оснащення і вибухової установки.

Нині відомо декілька методик визначення величини заряду.

Самим розробленим є енергетичний метод, оснований на рівності енергії, потрібної для деформації, і енергії, що виділяється для вибуху заряду БВР з урахуванням втрат, що мають місце.

Для оцінювання величини заряду бризантної вибухової речовини використаємо залежність, запропоновану у роботі [1] Р. В. Піхтовниковим і В. І. Зав'яловою, яка має такий вигляд:

$$G = \left(\frac{a \cdot \delta \cdot L_0^{1,76}}{1 - v^2} M \right)^{0,8}, \quad (1)$$

де G – маса заряду, кг;

L_0 – дистанція підриву заряду, м;

δ – товщина заготовки, м;

a – енергія деформації заготовки, віднесена до поверхні заготовки, що змочується водою (Н•м)/м²;

v – коефіцієнт відбиття ударної хвилі від заготовки, який дорівнює відношенню тиску в подавальній і відбитій хвилях;

M – константа для кожного матеріалу заготовки, яка залежить від його щільності.

Розрахунки проводилися для шести діаметрів заготовки при чотирьох різних значеннях товщини.

Матеріал заготовки: 12X18H10T. За результатами розрахунку були побудовані відповідні графіки залежності, які наведено на рис. 1.

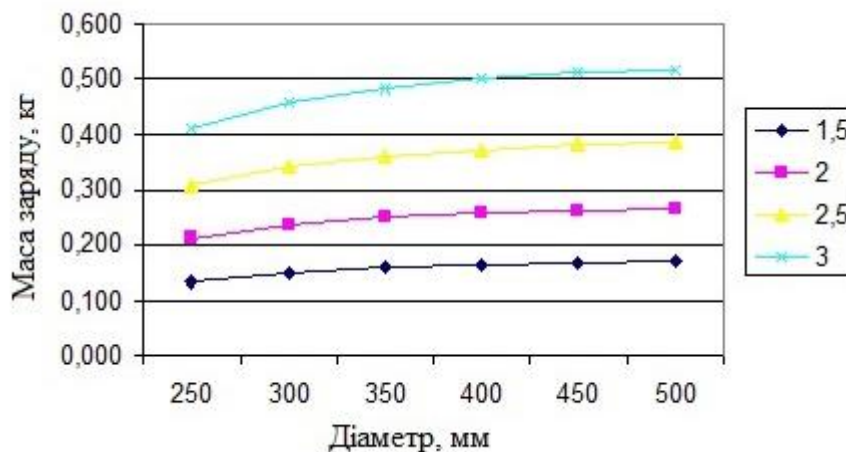


Рис. 1. Графіки залежності маси заряду від діаметра заготовки для різних товщин (1,5; 2,0; 2,5; 3,0 мм), сталь 12X18H10T

Отриманими результатами розрахунків можна користуватися у виробничих умовах, визначаючи масу заряду за наведеними графіками, при цьому результатами можна користуватися не тільки для розглянутих товщин і діаметрів, але й для проміжних, а методику розрахунку можна використовувати для різних матеріалів, які найчастіше використовуються на практиці.

Література

1. Пихтовников, Р. В. Штамповка листового металла взрывом / Р. В. Пихтовников, В. И. Завьялова. – М. : Машиностроение, 1964. – 164 с.

УДК 004.652.2:621.7.044.001.24(076.5)

Федорова А. С., аспірант, Бондарєва К. В., аспірант, Третяк В. В., професор, Сорокін В. Ф., професор,
(Україна, Харків, Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського "ХАІ")

ПРИСТРІЙ ДЛЯ ШТАМУВАННЯ ДНИЩ

Штамування днищ, в яких із конструктивної необхідності передбачаються отвори, а для збільшення жорсткості деталей в отворах виконуються бурти, відбувається за декілька різних операцій або переходів в різних штампах. Існують спеціальні переналагоджувані штампи [1], в яких штампування вибухом таких днищ відбувається з суміщенням операцій витягування і відбортки отворів в

одному штампі, в якому передбачена спеціальна вставка для виконання операції відбортовки отворів на останньому переході.

Недоліком такого штампу є низький коефіцієнт його корисної дії, вкрай нерівномірне поле деформацій по поверхні днища при вибуховому штампуванні, тривалий час на підготовку штампів для кожної операції, а також витрати додаткового часу і оснащення на додаткову операцію виготовлення отворів. Найближчим аналогом є пристрій (патент України № 100458, опубл. 27.07.2015), що містить симетрично розташовані матриці, які утворюють спільну порожнину, де розміщене передатне середовище та джерело імпульсного навантаження, а між матрицями розташовані притискні кільця з кільцевою прокладкою між ними. Матриці з'єднані між собою гвинтами з шайбами та гайками. Недоліками даного пристрою є значні деформації отриманих деталей в кутових зонах та необхідність використання допоміжного оснащення і операцій для пробивання отворів та виготовлення буртів. В основу роробленої корисної моделі поставлена задача зменшення часу на підготовку процесу імпульсного штампування за рахунок суміщення декількох операцій в один перехід: одночасно виконується витягування заготовки в генеральну форму днища, пробивання отворів і отримання буртів. Поставлена задача вирішується тим, що в пристрої для штампування днищ, що містить симетрично розташовані матриці, які утворюють спільну порожнину, де розміщене передатне середовище та джерело імпульсного навантаження, між матрицями розташовані притискні кільця з кільцевою прокладкою між ними, а матриці з'єднані між собою гвинтами з шайбами та гайками, згідно з корисною моделлю, в донних частинах матриць розміщені дно-вставки з ножами, в центральних частинах яких співвісно з матрицям розміщені пружини, а на заготовки з 35 внутрішніх сторін приклеєні і прижаті притискними кільцями приєднані маси з пластичного матеріалу з отворами. На рис. 1 зображена схема пристрою для штампування днищ.

Пристрій містить симетрично розташовані матриці 1 з притискними кільцями 2 та кільцевою прокладкою 3 між ними, що з'єднані між собою гвинтами 4 з шайбами 5 та гайками 6. Заготовки 7 з приклеєними до них приєднаними масами 12 з пластичного матеріалу притиснуті між матрицями 1 та притискними кільцями 2.

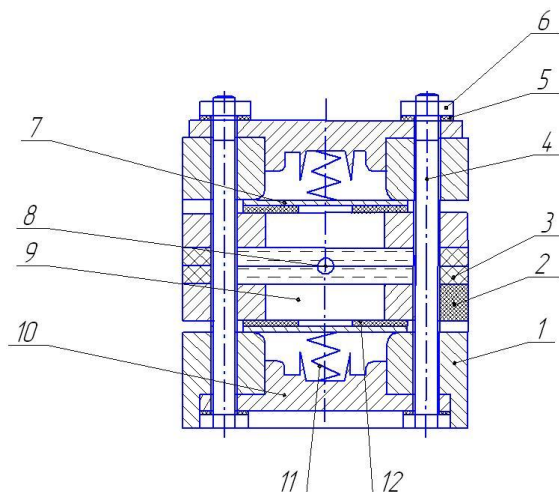


Рис. 1. Схема пристрою для штампування днищ

В донних частинах матриць 1 пристрій містить дно-вставки 10 з ножами 13, в центральних частинах яких між матрицями 1 і заготівками 7 встановлені пружини 11 співвісно з матрицями 1. Джерело імпульсного навантаження 8 розміщено в передатному середовищі 9. Заявлений пристрій працює таким чином. Між матрицями 1 і притискними кільцями 2 встановлюють заготівки 7 з приєднаними масами 12. До матриць 1 приєднують дно-вставки 10 з профільованою поверхнею буртів та ножами 13. Між дно-вставками 10 і заготівками 7 встановлюють пружини 11. Матриці 1, дно-вставки 10 і пружини 11 фіксують і центрують за допомогою комплексу фіксуючих елементів - гвинтів 4, шайб 5 та гайок 6. В центральній частині пристрою розміщують джерело імпульсного навантаження 8 і передатне середовище 9. Після ініціювання джерела імпульсного навантаження 8 ударна хвиля впливає на притискні кільця 2 і передає їм рух у напрямі заготовок 7. Завдяки тому, що рух притискних кілець 2 обмежений через жорсткий зв'язок гвинтів 4, шайб 5 і гайок 6 з матрицями 1, виникає зусилля притиснення, яке передається на заготівки 7. Ударна хвиля одночасно деформує заготівки 7 і забезпечує притиск заготовок 7 між притискними кільцями 2 і матрицями 1. По мірі деформування заготівки 7 досягають ножів 13, які здійснюють відрубування отворів. Приєднані маси 12 довантажують заготівки 7 для кінцевого виконання буртів. За допомогою пружин 11 виштовхуються відрізані центральні частини днищ. На даний пристрій отримано патент на корисну модель.

Література:

1. Гринченко А. М. Взрывная штамповка днищ с отбортовкой горловин /

А. М. Гринченко, В. Г. Дорофеев, В. Я. Самойлов // Импульсная обработка металлов давлением. - 1975. - С. 14-15.

УДК 629.113

ПОЛІТАЄВ В.Р., ОЛІЙНИК С.Ю., викладач

(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

ДОСЛІДЖЕННЯ СУЧАСНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТНИМИ ЗАСОБАМИ ТА ЇХ ПРАКТИЧНЕ ВИКОРИСТАННЯ

Проблема та її зв'язок з науковим та практичним завданням. Автомобільна підвіска це один з основних елементів будь-якого транспортного засобу, який повинен забезпечувати надійне зчеплення коліс з дорожнім покриттям, гасити вібрацію, яка виникає в процесі їзди по нерівних поверхнях та забезпечувати комфортні умови для пасажирів і водія. Підвіска сучасного автомобіля кардинально не змінювалася вже декілька десятиліть. Даний компонент машини та її складові схильні до регулярних поломок. Тому розробка нових конструкцій демпфуючих пристроїв є актуальною.

Аналіз досліджень і публікацій. У процесі постійного удосконалення ходової частини автомобіля вчені та інженери розробили унікальну конструкцію підвіски. Деякі її варіанти вже встановлюються на автомобілях преміум-класу, решта поки знайшли застосування лише на дослідних зразках. Відмінність такої

підвіски від класичних її попередниць полягає в можливості роботи при повній відсутності пружин, стабілізаторів, амортизаторів та інших допоміжних елементів. Функції цих компонентів виконують електромагнітні клапани або магнітно-реологічна рідина.

Якщо в гідравлічних підвісках функціональним елементом служить спеціальна рідина, в механічних - пружні елементи (пружини), в пневматичних - повітря, то в разі магнітного аналога ця роль відводиться електромагнітам. Фактично це дозволяє автолюбителю відстежувати всі показники положення кузова і коліс в режимі реального часу.

Постановка задачі. Метою дослідження є аналіз використання сучасних систем управління транспортними засобами, які забезпечують якісний та безпечний рух.

Викладення матеріалу та результати. Перші зразки електромагнітних підвісок з'явилися в кінці XX століття на поїздах, тому як залізничний транспорт не має особливих проблем із забезпеченням електроенергією, необхідної для роботи систем такого типу. Але думки про оснащення подібною ходовою частиною автомобілів не давала спокою конструкторам. Завдяки розробці нових технологій з'явилися перші працездатні пристрої, але які поки що не знайшли масового застосування.

Дослідження ведуться в різних напрямках. До реального втілення дійшли електромагнітні підвіски наступних виробників: Bose, SKF, Delphi.

Кожен варіант пристроїв має свої переваги і недоліки.

У електромагнітної підвісці Bose використовуються принципи, подібні до тих, що змушують працювати магнітні динаміки. Основні функції виконує шток з магнітним сердечником, поміщений в створюване лінійним електродвигуном магнітне поле. Звичні пружини, і стабілізатори відсутні, а зміна пружних параметрів підвіски і положення кузова автомобіля досягається за рахунок змін характеристик магнітного поля. Вся система управляється електронікою, хоча залишається можливість коригування деяких параметрів з пульта управління. Необхідна інформація надходить від датчиків, що встановлюються в різних місцях автомобіля. Деякі компанії, що встановлюють такі конструкції на свої машини, доповнюють їх стабілізаторами поперечної остійності.

До переваг електромагнітної підвіски Bose відносяться: невелика кількість механічних компонентів, що обумовлює високий ресурс конструкції і компактність її розміщення; висока швидкість реакції (на рухомий в магнітному полі сердечник не впливають сили тертя і його переміщення відбуваються дуже швидко); можливість внесення змін в характеристики прямо в русі (автоматизація корекції положення кузова).

Але є і характерні недоліки, до яких відносяться: високе споживання електроенергії в порівнянні з іншими системами; повна втрата працездатності при припиненні подачі струму; необхідність оснащення системи продуктивним керуючим комп'ютером з якісним програмним забезпеченням.

Якщо всі умови, необхідні для роботи дотримані, то підвіска Bose демонструє високу ефективність.

Шведські розробники SKF вирішили не відмовлятися повністю від традиційних пружних елементів: навантаження сприймають пружини, листові ресори або торсиони. Роль амортизатора виконує пристрій, подібний за своєю конструкцією з елементами електромагнітної підвіски Bose. Багато фахівців вважають цей напрямок більш перспективним і працюють над його розвитком.

Дійсно, у систем SKF є певні переваги: менша вимогливість до енергозабезпечення; збереження часткової працездатності при припиненні подачі струму.

При цьому зберігається можливість програмування, постійного контролю та внесення змін в роботу безпосередньо в русі. Проте залишаються деякі недоліки до яких додаються нові: збільшення кількості деталей, при цьому розміщення елементів конструкції займає значний обсяг простору; зниження швидкості реакції; втрата пружних властивостей механічними елементами, що має бути враховано при розробці програмного забезпечення.

Інші принципи використані в пристроях, які розробляє компанія Delphi. Тут також збережені практично всі звичні компоненти. Основна відмінність полягає в заповненні амортизаторів магнітореологічною рідиною. Магнітореологічною рідиною прийнято називати склад, в якому знаходяться в підвішеному стані мікроскопічні частинки заліза, кобальту або нікелю (частинки матеріалів, які здатні взаємодіяти з магнітним полем). Результатом такої взаємодії стає зміна меж текучості речовини. Для роботи електромагнітної підвіски ця рідина повинна мати агрегативну стійкість в магнітному полі та малий час на реагування.

При її використанні отримують амортизатори з регульованими характеристиками. Параметри змінюються при подачі команд автоматично або з пульта управління.

Перевагами конструкції є: невелике енергоспоживання та збереження працездатності при припиненні подачі струму.

По суті, таку підвіску можна віднести до електромагнітних досить умовно. Це не є недоліком, але ефективність вузлів, виготовлених за схемою Delphi трохи нижче, ніж аналогів від Bose і SKF.

Основною перешкодою для широкого розповсюдження є значна вартість електромагнітної підвіски, що складається з ціни на матеріали і складні технологічні рішення. Не меншою проблемою стала і розробка програмного забезпечення, здатного забезпечити надійне функціонування електромагнітної підвіски автомобіля в різних умовах. Багато належить зробити для того, щоб зменшити розміри складних вузлів.

До серійного виробництва справа поки не дійшла, якщо мова йде про встановлення дорогого обладнання, то лише в якості додаткового оснащення. І все ж багато компаній намагаються оснащувати свої автомобілі конструкціями різного типу. Причому досить успішно.

Спроби впровадження електромагнітних підвісок інтенсивно веде концерн Toyota. Він проводив випробування системи Bose на Lexus LX400 і тепер встановлює її опціонально на деякі моделі. Не відстають від японців і німецькі розробники. Правда, компанія BMW не зробила остаточного вибору і

використовує як американські, так і шведські розробки. Значних успіхів вдалося досягти фахівцям компанії General Motors. Вдалою визнана підвіска типу Bose, розроблена для моделі Chevrolet Corvette. Але цим американські розробники не обмежуються. Вони встановлюють перспективні конструкції не тільки на легкові, але і на вантажні машини.

Використання подібного оснащення на вантажному транспорті має свою специфіку. На великих і потужних автомобілях простіше вирішується проблема енергозабезпечення. Точність і висока плавність роботи дозволяє мінімізувати ризики при перевезенні вантажів, що вимагають дбайливого звернення. А тому електромагнітну підвіску можна зустріти на моделях DAF і Scania, Kässbohrer Setra і Neoplan. У сегменті комерційного транспорту висока вартість вже не виявляється настільки істотним недоліком.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Електромагнітні підвіски працюють безвідмовно і мають високий рівень безпеки. У разі припинення подачі електроенергії в систему підвіски, вона здатна переключитися в механічний режим роботи за допомогою системи електромагнітів і ставати звичайною механічною підвіскою. Електромагнітні підвіски дуже економічні з точки зору споживання електроенергії, тому що на зворотному ході електромагніту відбувається вироблення електроенергії. Всі ці якості сприяють на подальше впровадження електромагнітних підвісок при проектуванні, створенні та модернізації автомобільного транспорту.

УДК 629.113.004

Д.К. Остапчук, А.В. Веснін, канд.техн.наук, доц.
(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет).

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕРМІНІВ НАПРАЦЮВАНЬ СУЧАСНИХ ЛАМП РОЗЖАРЮВАННЯ ПРИЛАДІВ ГОЛОВНОГО ОСВІТЛЕННЯ АВТОМОБІЛІВ

В роботі реалізовано комплекс досліджень – теоретичних та лабораторних, спрямованих на встановлення відповідності основних світлотехнічних параметрів та проведення ресурсних випробувань найбільш розповсюджених ламп розжарювання головної оптики автомобілів.

Актуальність теми. У більшості автомобілів, що перебувають в експлуатації, не говорячи вже про нові й ті, що зійдуть із конвеєра в майбутньому, практично немає жодної системи, де б не використовувалась електроніка й мікропроцесорна техніка. Електронні пристрої управляють упорскуванням пального, системою запалювання, здійснюють контроль за працездатністю вузлів і агрегатів автомобіля. На електромеханічні електронно керовані пристрої покладені функції блокування дверей, склопідйому, повороту дзеркал заднього виду, у світлотехніці стали широко використовувати фари, у яких функції розсіювача повністю або частково виконує відбивач, фари з газорозрядними

лампами, а також світлодіоди у світлосигнальних ліхтарях, що призвело до необхідності ввести контроль їх роботи за допомогою мікропроцесорів і т.п.

Переважає більшість перерахованих приладів і систем встановлюється виробником й на протязі експлуатації і, як що й виходять з ладу, то замінюються аналогічними, або сертифікованими самим виробником. Однак, є ціла низка систем й приладів, які широко відкриті для загального придбання та можуть встановлюватися автовласниками на свій розсуд. Однією з таких запасних частин є лампи розжарювання вони використовуються як для підсвічування контрольних приладів та сигналізації аварійних режимів роботи, так і для освітлення поверхні дороги у темну пору доби. Саме від якісної роботи такої, на першій погляд, маленької та технічно не складної деталі залежить безпека водіння автомобіля, як безпосередньо для власника згаданої лампи так і для зустрічних водіїв і оточуючих транспортних засобів та пішоходів.

Провівши відносно не складні теоретичні розрахунки не важко переконатися в тому, що при швидкості руху 90 км/год, за одну секунду автомобіль проїжджає приблизно 25 м. А згідно існуючих вимог границя світлової плями ближнього світла перебуває на відстані 50..75 м від автомобіля. Таким чином, можна зробити висновок, що чітко видима ділянка на сухій дорозі при справній машині буде подолана автомобілем за 2 сек. На сухій дорозі влітку з ідеальною гальмовою системою й новими покриттями, гальмовий шлях середньостатистичного легкового автомобіля гольф-класу, коливається в районі 37...45 м. Але це в ідеальному випадку! А якщо врахувати всілякі негативні компоненти - ожеледь, дощ, неповноцінний зір, темна перешкода, а водій перемикав в цей момент радіо або відволікся на телефонний дзвінок... Тому якщо в контрольній точці раптом не буде світла, або його буде недостатньо, то навіть при ідеальних розкладах, шанс встигнути зупинитися, майже виключений.

Грунтуючись на розглянутому можна стверджувати, що визначення параметрів якісного світла ламп головної оптики автомобіля, а також встановлення строків напрацювань ламп розжарювання, що представлені у вільному продажі на ринку України є досить актуальним питанням для проведення досліджень.

Основною ідеєю проведення досліджень була необхідність встановлення не абсолютних цифр (вони приведені у результатах роботи), а відносних, тобто яка лампа прослужить довше. Дослідження засноване на тому, що - будь-яке підвищення напруги живлення електричної лампи розжарювання дуже сильно відображається на її ресурсі.

Метою роботи є – встановлення відповідності параметрів та проведення ресурсних випробувань автомобільних ламп розжарювання представлених у свободному продажі на ринку України.

Об'єкт дослідження – процес роботи, основні світлотехнічні та ресурсні параметри ламп розжарювання, що застосовуються в автотранспортній техніці.

Предмет дослідження – автомобільні лампи розжарювання з цоколями H 4, H 7 та без цокольні W5W.

Вибір брендів та виробників піддослідних зразків було здійснено на основі аналізу ринку запасних частин в Україні. Таким чином, для комплексу досліджень було відібрано від трьох до восьми зразків кожного бренду, в залежності від кількості моделей, що пропонує виробник, що у загальному підсумку склало тридцять чотири лампи сімох найпопулярніших виробників.

У ході проведення досліджень були виконані такі завдання: проведений аналіз специфіки будови, роботи та основних світлотехнічних параметрів світлових приладів автотранспортної техніки; встановлено перелік виробників та торгівельних марок найбільш затребуваних автомобільних ламп розжарювання, що представлені для вільного продажу на ринку України; сформовано загальну методику досліджень та розроблено методику проведення ресурсних досліджень автомобільних ламп розжарювання; встановлено відповідність основних світлотехнічних параметрів обраних ламп розжарювання існуючим технічним вимогам; проведено повний комплекс лабораторних ресурсних випробувань відібраних зразків та систематизовано отримані результати у вигляді таблиць напрацювань ламп розжарювання.

Отримані результати виконання роботи полягають у наступному: обґрунтовано необхідність проведення періодичних досліджень та ресурсних випробувань джерел світла головної оптики автомобілів з урахуванням специфіки процесів роботи ламп розжарювання; сформовано методику проведення ресурсних досліджень роботи автомобільних ламп розжарювання; визначені ресурсні межі роботи ламп розжарювання з цоколями Н 4, Н 7 та без цокольних W5W; встановлено вплив стабільності та якості напруги бортової мережі автотранспортного засобу на ресурс ламп розжарювання; розроблено рекомендації щодо доцільності застосування ламп розжарювання з цоколями Н 4, Н 7 та без цокольних W5W певних виробників; сформовано перелік необхідних вимог щодо забезпечення нормативних умов праці у лабораторії електричного та електронного обладнання автомобілів.

Головним висновком проведення ресурсних випробувань є те, що якщо немає бажання часто міняти лампочки, не слід встановлювати «поліпшені» вироби з різного роду «ксеноновими ефектами», а слід віддати перевагу лампам зі збільшеним ресурсом, у нашому випадку ними стали лампи брендів Bosch, Діалуч, Osram та Philips. Усі результати отримані під час проведення досліджень будуть використовуватися при вивченні дисциплін «Електричне та електронне обладнання автомобілів», «Технічна експлуатація автомобілів», «Технічне обслуговування та ремонт автомобілів» та інших, що вивчаються студентами спеціальності 274 «Автомобільний транспорт».

Література:

- 1.Акимов С.В., Здановский А.М. и др. *Справочник по электрооборудованию автомобилей*. - М.: Машиностроение, 1994
- 2.Акимов С.В., Чижков Ю.П. *Электрооборудование автомобилей. Учебник для ВУЗов*. - М.: ЗАО «КЖИ «За рулем», 2003. - 384 с: ил.
- 3.Афанасьев Л.Л., Дьяков А.Б., Илларионов В.А. *Конструктивная безопасность автомобиля*. - М.: Машиностроение, 1993. 212 с.
- 4.Журнал «За рулём». – выпуски № 3 (1017) 2016р., № 5 (1031) 2017р., № 5 (1043) 2018р., № 5 2000р. – М. : «ООО За рулём»

5.Кнеляков В. М., Филиппов В. В., Школяренко И.А. Математическое моделирование и оценка условий движения автомобилей и пешеходов. - М.: Транспорт. 1989. 200 с.

6.Туревский И. С, Соков В. Б., Калинин Ю. Н. Электрооборудование автомобилей: Учебное пособие. — М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2003. - 368 с: ил. - (Серия «Профессиональное образование»)

УДК. 629.353:622.684

Ю.Л.Почужевська, А.О.Нікітін, О.Д. Почужевський, к.т.н., доц.
(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

ФОРМУВАННЯ ВЗАЄМОДІЇ ДВИГУНІВ І ГІДРОМЕХАНІЧНОЇ ТРАНСМІСІЇ КАР'ЄРНИХ САМОСКИДІВ

Відкритий спосіб розробки, як найбільш економічний та ефективний з видобутку корисних копалин.

Основним видом технологічного транспорту при видобутку корисних копалин відкритим способом є кар'єрні самоскиди, вони використовуються для перевезення близько 80% усієї гірничої маси. В Україні майже весь парк даної техніки представлений машинами виробництва БелАЗ, з яких близько 97% мають вантажопідйомність 30...55 т та оснащуються гідромеханічною трансмісією (ГМТ).

Аналіз умов експлуатації та існуючих комплектацій кар'єрних самоскидів, дозволив встановити, що актуальним завданням є узгодження параметрів системи «двигун-трансмісія» відповідно до специфіки гірничотехнічних умов експлуатуючого підприємства, що дозволить найбільш повно використовувати потенціал транспортних машин і забезпечити поліпшення показників паливної економічності та ефективності роботи, і, як наслідок, зменшити витрати на транспортування та загальну собівартість видобутку гірничої маси.

Проведено аналітичний огляд і аналіз наукових досліджень, основне завдання яких полягало у знаходженні шляхів, спрямованих на підвищення ефективності експлуатації колісних транспортних машин, якості їх загального функціонування та ефективності виконання транспортних робіт при перевезеннях великих об'ємів сипких вантажів.

На основі проведеного аналізу було встановлено, що одним з перспективних напрямків є надання машині таких технічно необхідних характеристик, які будуть строго відповідні фактичним умовам та специфіці експлуатації на конкретному підприємстві, що, у свою чергу, призведе до збільшення часу роботи двигуна і взаємодіючих з ним агрегатів у високоефективних режимах. Особливо актуальним цей напрямок є для кар'єрних самоскидів – основної транспортної машини відкритих розробок, потрапивши в експлуатацію на певному підприємстві з притаманними йому гірничотехнічними умовами, машини залишаються працювати там до повного списання. Отже, забезпечення узгодженості параметрів системи «двигун-трансмісія» кар'єрного самоскида відповідно до гірничотехнічних умов конкретного підприємства

надасть можливість отримувати упродовж експлуатації машини стабільно високі показники роботи.

На основі обґрунтованого напрямку досліджень викладена загальна методика з наведенням методів вирішення сформованих задач. Дана методика полягає у обґрунтуванні вибору існуючих методів визначення окремих характеристик та показників роботи колісних машин для формування теоретичної розрахункової моделі руху кар'єрного самоскида у характерних умовах; визначенні необхідності введення у розрахункову модель уточнюючих показників та коефіцієнтів, що нададуть змогу адекватно описати процес взаємодії агрегатів кар'єрного самоскида з гірничотехнічними навантаженнями, враховуючи особливості виконання транспортної роботи; перевірці якості і порівнянні отриманих розрахункових даних з аналогічними результатами вітчизняних та зарубіжних дослідників; проведенні лабораторних досліджень на розробленій установці, визначенні похибки вимірювань та порівнянні отриманих результатів з аналітичними розрахунками; розробці методики формування раціональних параметрів системи «двигун-трансмсія» кар'єрних самоскидів; проведенні промислових досліджень та порівнянні отриманих результатів з теоретичними розрахунками.

За допомогою математичного моделювання із застосуванням ЕОМ з'являється можливість досліджувати узгодженість параметрів елементів системи «двигун-трансмсія» та визначати їх вплив на експлуатаційні властивості самоскида у певних гірничотехнічних умовах експлуатації. Однак для якісного і обґрунтованого визначення необхідних тягово-швидкісних властивостей та подальшого формування системи «двигун-трансмсія» на основі забезпечення адекватного поєднання характеристик двигуна та передаточних чисел трансмісії у відповідності з встановленим діапазоном зміни гірничотехнічних навантажень, потрібно мати можливість достовірно оцінювати гірничотехнічні умови руху у будь-якій точці маршруту і визначати можливий рівень узгодженості параметрів системи «двигун-трансмсія».

Загальновідомі показники: коефіцієнт сумарного опору дороги, керуючий та середньозважений ухил, безумовно дозволяють охарактеризувати той чи інший маршрут руху, однак дають загальне поняття щодо складності траси і не враховують динаміку зміни і розподіл ділянок з різним опором кочення по довжині маршруту. Для врахування саме зазначених характеристик маршруту на основі теореми подібності та розмірності сформовано методику визначення безрозмірного показника складності гірничотехнічних умов руху кар'єрного самоскида (K).

Даний показник визначається шляхом врахування частоти, амплітуди та порядку розподілу $\psi(l)$ впродовж маршруту руху, виражених у відносній величині та має вигляд:

$$K = D_{\text{ср.}\psi(l)} \cdot \psi_{\text{нр.ср.}}, \quad (1)$$

$D_{\text{ср.}\psi(l)}$ – є числовим відображенням суми відрізків коливань сумарного опору дороги на маршруті руху. Середньозважене значення коефіцієнта сумарного опору дороги ($\psi_{\text{ср.зв.}}$) визначається за загальновідомим виразом.

Використання показника складності гірничотехнічних умов руху кар'єрного самоскида (K) при визначенні специфіки зміни гірничотехнічних навантажень надає можливість врахувати межі зміни, вагомість і розподіл ділянок з різним опором кочення по довжині маршруту.

Для оцінки якості взаємодії характеристик двигуна та передаточних чисел трансмісії і встановлення можливого рівня узгодженості параметрів системи «двигун-трансмісія», розроблено методику визначення безрозмірного показника узгодженості системи «двигун-трансмісія» кар'єрного самоскида ($S_{Д-Т}$). Вона заснована на використанні теореми подібності та розмірності, а також врахуванні особливостей зміни граничних значень та характеру опуклості полінома динамічного фактора (D) відносно кутової швидкості колінчастого вала (w_e), залежно від номінального крутного моменту та потужності двигуна. Такий підхід пояснюється тим, що $D(w_e)$ безпосередньо залежить від поєднання параметрів елементів системи «двигун-трансмісія», їх ККД, та всіх інших показників, які впливають на тягово-швидкісні властивості кар'єрного самоскида. Загальна методика визначення показника $S_{Д-Т}$ базується на визначенні умовної площі фігури, яка утворюється між розподілом D та віссю кутової швидкості колінчатого вала двигуна, вираженої у відносній величині (w').

Таким чином, показник узгодження системи «двигун-трансмісія» визначається за інтегральною залежністю:

$$S_{\bar{A}-\bar{O}} = \int_0^1 f(w'_a) dw', \quad (2)$$

Для визначення ефективності роботи машини в певних умовах, а саме відповідності характеристик двигуна і передаточного числа трансмісії специфіці гірничотехнічних навантажень на конкретному підприємстві з урахуванням режимів руху, було проведено аналіз існуючих показників оцінки ефективності роботи колісних транспортних машин. При цьому було встановлено, що з-поміж сформованих показників (натуральних, економічних, локальних, комплексних) – єдиного досі ще не визначено.

За основу для оцінки ефективності роботи самоскида прийнято метод формування безрозмірного оціночного показника роботи колісних транспортних машин розроблений, В.С. Карабцовим та Д.Х. Валєєвим, вдосконалення якого базується на додатковому використанні алгоритму Г.І. Солодова та результатів досліджень ВАТ «БелАЗ», пов'язаних з розподілом витрат пального кар'єрним самоскидом на маятникових типах маршрутів руху, як основних для даних машин.

Завдяки даному підходу забезпечується врахування відмінності руху кар'єрних самоскидів у порожньому та завантаженому стані, що, у свою чергу, дозволило комплексно та об'єктивно врахувати специфіку виконання транспортної роботи на маятникових маршрутах:

$$\bar{A}_{\zeta\bar{a}\bar{a}} = 0,8 \cdot \left(\frac{m_i \cdot V_{\bar{n}\bar{o}} \cdot \bar{i}}{Q_{i \cdot \bar{i}}} \right) + 0,2 \cdot \left(\frac{m_{\bar{n}\bar{i}} \cdot V_{\bar{n}\bar{o}} \cdot \bar{i}}{Q_{i \cdot \bar{n}\bar{i}}} \right) = 0,8 \cdot \bar{A}_{\zeta\bar{a}\bar{a}} + 0,2 \cdot \bar{A}_{i \cdot \bar{o}}, \quad (3)$$

де m_n – повна маса самоскида, т; m_{cn} – споряджена маса самоскида, т; $Q_{м.п.}$, $Q_{м.сн}$ –

об'єм витраченого пального на маршруті під час руху машини з повною та спорядженою масою відповідно, л; $V_{cm.n}, V_{cm.cn}$ – середньотехнічна швидкість на маршруті під час руху машини з повною та спорядженою масою відповідно, км/год; $E_{зав}, E_{пор}$ – показники ефективності роботи самоскида під час руху у завантаженому та порожньому стані відповідно.

У рамках розробки методики визначення раціональних параметрів системи «двигун-трансмсія» кар'єрного самоскида при встановленні граничних значень ефективності роботи – паливної економічності та швидкості руху, використано метод раціонального планування експерименту М.М.Протодьяконова та градієнтний метод.

Методика встановлення раціональної комплектації системи «двигун-трансмсії» кар'єрного самоскида базується на використанні морфологічного аналізу для визначення загальної кількості можливих варіантів комплектації системи «двигун-трансмсія» з існуючих вузлів і агрегатів для кожної серії кар'єрного самоскида (n'):

$$N_{n''} = \prod_{d_{\bar{n}}=1}^{g'} k_i(d_{\bar{n}}), \quad (4)$$

де g' – кількість вузлів та агрегатів, з яких складається система «двигун-трансмсія»; k_i – кількість одиниць кожної складової системи «двигун-трансмсія»; d_c – порядковий номер відповідної складової системи «двигун-трансмсія».

Для знаходження модельному ряді такої наявної системи «двигун-трансмсія», яка має найменшу розбіжність зі знайденими теоретичними значеннями раціональних параметрів, використано різницевий метод.

Формування методики проведення промислових експериментів засновано на дослідженні зміни основних експлуатаційних показників кар'єрних самоскидів з різними комплектаціями і відповідно характеристиками системи «двигун-трансмсія» при їх взаємодії з певним гірничотехнічним навантаженням. При цьому необхідна кількість дослідів та порівняння з теоретичними даними проводиться за методикою, аналогічною до лабораторного експерименту.

Створена загальна методика проведення досліджень є базою для вирішення всіх сформованих у роботі аналітичних та практичних задач.

Подальші дослідження передбачають проведення лабораторних та промислових експериментів.

Література:

1. Почужевский О.Д. Основные направления улучшения эксплуатационных свойств карьерных автосамосвалов / Ю.А. Монастырский, А.В. Веснин, О.Д. Почужевский // Проблемы недропользования: материалы V Всероссийской молодежной научно-практической конференции (с участием иностранных ученых) (8–11 февраля 2011 г., Екатеринбург) / Институт горного дела УрО РАН. – Екатеринбург, 2011. – С. 63–68.

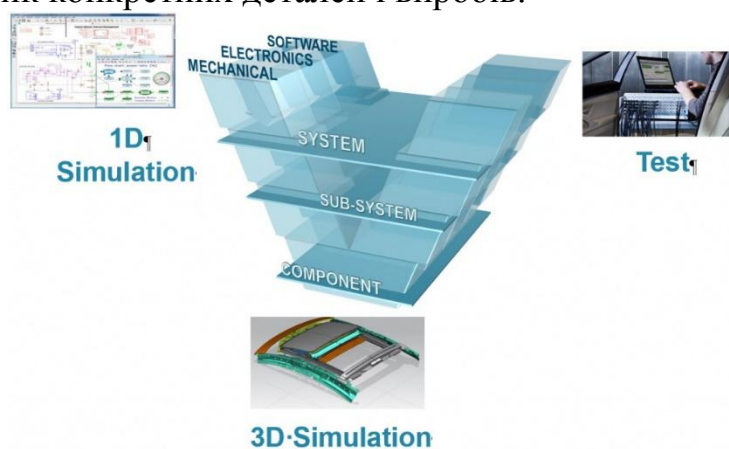
2. Почужевський О.Д. Методика формування раціональних параметрів системи «двигун-трансмсія» кар'єрних автосамоскидів та результати лабораторних і промислових досліджень її використання / А.В. Веснін, М.Є. Кристопчук, О.Д. Почужевський // Вісник Житомирського державного технологічного університету : [Серія технічні науки]. – Житомир, 2012. – Вип. 3(62); т.2. – С. 24–29.

І.С. БАБЯР, магістрант, А.В. ПІКІЛЬНЯК, канд. техн. наук, доц.,
(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

ВПРОВАДЖЕННЯ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ SIMCENTER ДЛЯ ПРИСКОРЕННЯ ІНЖЕНЕРНИХ РОЗРАХУНКІВ СКЛАДНИХ ВИРОБІВ

Сьогодні майже на всіх підприємствах застосовують сучасні технології, а саме CAD/CAE системи. Використання сучасних технологій дозволяє підвищити продуктивність та ефективність виробництва продукції. Стрімкий розвиток технологій сприяє покращенню якості виробів, та дає можливість виготовляти більш складні деталі.

Simcenter 3D - один з модулів системи створення цифрових двійників від Siemens PLM. Будучи інтегрованим в загальну інформаційну систему прискорення конструкторсько-технологічної підготовки виробництва, Simcenter дозволяє вирішувати широкий спектр завдань з прогнозування поведінки конструкції. Будучи пов'язаним з системами 1D розрахунків, Simcenter 3D уточнює характеристики проєктованих об'єктів, враховуючи рішення, закладені на початкових етапах проєктування. Зв'язок з даними, отриманими від системи моніторингу в процесі експлуатації робить можливим уточнення і прогнозування робочих характеристик конкретних деталей і виробів.



Simcenter 3D, як автономне середовище моделювання при інтегруванні з CAD системою NX, забезпечує безшовну роботу в інтерфейсі і функціоналі CAD/CAE. Модуль дозволяє проводити наступні види аналізу:

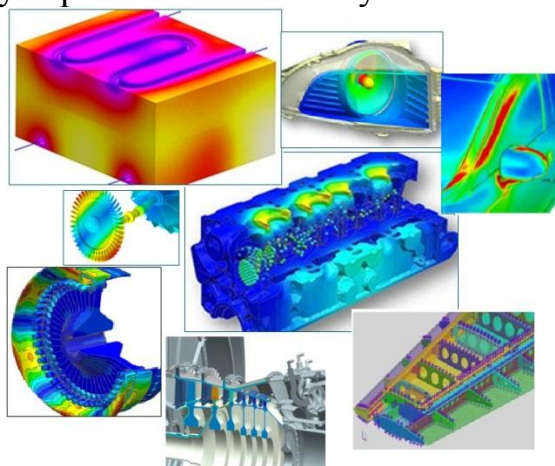
- статичний міцнісний розрахунок, в тому числі в нелінійній постановці;
- модальний розрахунок;
- розрахунок стійкості;
- розрахунок роторної динаміки;
- динамічний міцнісний розрахунок, в тому числі для перехідних процесів і з випадковим розподілом навантажень;
- розрахунок вібрацій і звукового тиску;
- розрахунок довговічності;
- аналіз поведінки композитних матеріалів;

- тепловий аналіз з урахуванням конвекції, випромінювання і сполученого теплообміну;
- розрахунок кінематики тіл і механізмів;
- акустичний аналіз;
- оптимізаційні розрахунки.

Сучасні методики проектування вимагають одночасний облік впливів різної природи. Механічні навантаження, інерційні сили, температури, аеродинамічні навантаження можуть діяти на конструкцію в різноманітних комбінаціях. Одночасний облік цих впливів дозволяє точніше прогнозувати поведінку конструкцій. Simcenter-3D спрощує проведення мультидисциплінарного аналізу. Інтегроване середовище моделювання усуває необхідність у переносі даних між розрахунками, дозволяючи уникнути можливих помилок і прискорює процес отримання рішення.

У Simcenter-3D доступні наступні варіанти пов'язаних моделей:

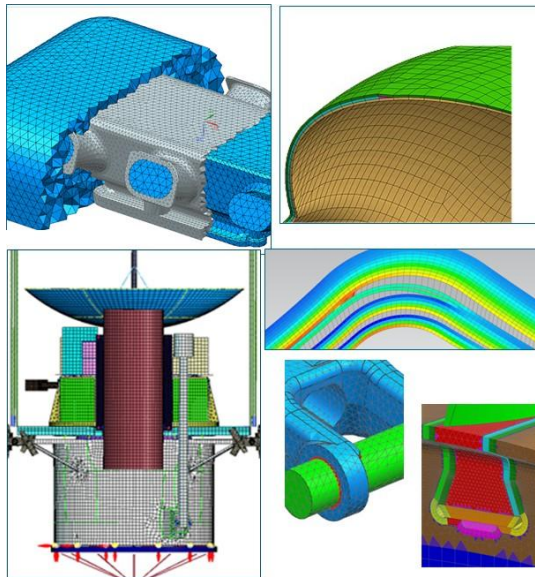
- аналіз міцності і гідрогазодинаміки. Можлива передача гідрогазодинамічних навантажень в міцнісний розрахунок;
- термоміцнісний аналіз. Дозволяє використовувати поле температур як зовнішнє навантаження;
- структурно-акустичний аналіз. Необхідний для оцінки напружено-деформованого стану конструкції при акустичному впливі;
- міцнісний аналіз на базі динамічного. Визначення деформацій та напружень на основі аналізу руху безлічі тіл. Модуль кінематичного і динамічного аналізу може бути пов'язаний з моделлю з Matlab/Simulink для уточнення параметрів руху керованого механізму.



Включаючи в себе сучасні інструменти перед- та постпроцесору, Simcenter-3D здатний використовувати широкий набір рішень для отримання результатів. При цьому назва параметрів і вибір опцій в налаштуваннях перед- та постпроцесору змінюється в залежності від обраного рішення для зручності фахівців, які звикли працювати з певним програмним продуктом.

Перед- та постпроцесорна обробка підтримуються для наступних додатків: Siemens PLM Solvers; NX Nastran; LMS Samcef; Abaqus; ANSYS; LS-DYNA; MSC Nastran.

Simcenter 3D надає інженеру великий інструментарій для створення 1D, 2D і 3D сіток і їх комбінацій для геометрії будь-якої складності. Доступні інструменти тетраедрального і гексаедрального розбиття на кінцеві елементи, а також унікальні пірамідальні елементи, що зв'язують різні типи сіток. Асоціативний зв'язок сітчастої і CAD моделей дозволяє швидко відпрацьовувати зміни геометрії в розрахунку.



Simcenter 3D – уніфіковане і відкрите середовище для 3D CAE розрахунків, що забезпечує взаємодію з CAD-моделями, 1D розрахунками, процедурами оптимізації, а також даними тестування і системою управління даними. Simcenter 3D прискорює процес моделювання, поєднуючи в собі краще в своєму класі редагування геометрії, асоціативне імітаційне моделювання і комплексні рішення, інтегровані з галузевим досвідом.

Література:

1. Simcenter. [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://swrgroup.ru/solutions/engineering-analysis/siemens/75/>

2. В новейшей версии Simcenter 3D компании Siemens усовершенствованы средства инженерного анализа и численного моделирования. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://sapr.ru/article/25539>

3. Simcenter. [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://www.csoft.ru/catalog/soft/simcenter/simcenter>.

УДК. 629.1.05:622.684

Ю.Л. Почужевська, К.В.Климів, О.Д.Почужевський, канд.техн.наук, доц.
(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

ДОСЛІДЖЕННЯ РАДІАЛЬНИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА ВЕЛИКОГАБАРИТНІ ШИНИ КАР'ЄРНИХ САМОСКИДІВ

Відкритий спосіб розробки розвивається в усьому світі досить швидкими темпами і у найближчому майбутньому слід очікувати інтенсифікації буровибухових та виймальних робіт, що у свою чергу призведе до значного

підвищення вимог до транспортної мережі гірничодобувних підприємств.

Недовикористання ресурсу великогабаритних шин стало актуальною проблемою, при вирішенні якої можливо досягти зниження витрат на шини, підвищити коефіцієнт технічної готовності і продуктивності, тим самим знизити собівартість перевезення гірничої маси.

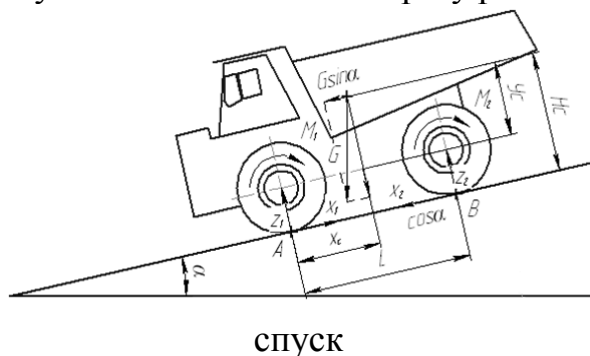
Однак питання ходимості пневматичних шин, крім суттєвого впливу на собівартість перевезень, є одним з головних що забезпечують надійність експлуатації кар'єрних самоскидів. Експлуатаційні витрати на шини становлять 25...30% і навіть більше від суми витрат на транспортування гірничої маси, тому збільшення пробігу шин має важливе значення для зменшення витрат.

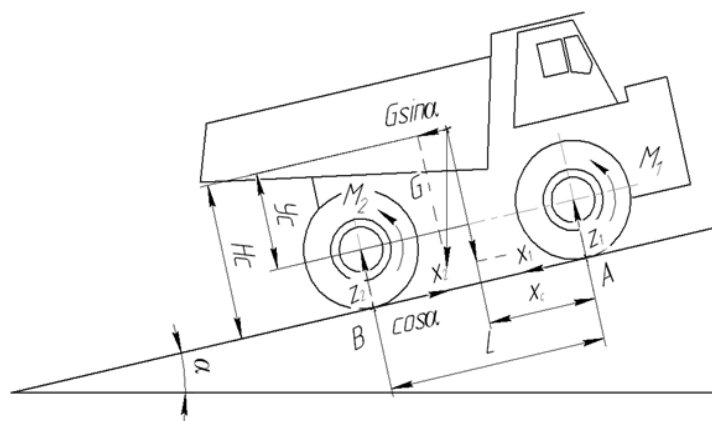
Провівши аналіз наукових публікацій щодо дослідження та аналізу навантажень на великогабаритні шини транспортних машин на відкритих розробках, слід відзначити що в більшості випадків великогабаритні шини кар'єрних самоскидів розглядаються не як основний об'єкт досліджень.

Вирішальними факторами, які визначають ефективність використання великогабаритних шин є: експлуатаційні якості та роботоздатність шин; технічний рівень експлуатації на експлуатуючих підприємствах. Технічний рівень експлуатації шин залежить від дотримання правил догляду за ними, правильним завантаженням машин та рівномірністю розподілу гірничої маси в кузові, стану та параметрів під'їзних кар'єрних доріг, а також під'їздів у забоях та на відвалах, швидкості руху кар'єрних самоскидів, кваліфікації водіїв і т.д. Крім цього на термін служби шин впливає щільність транспортуємої гірничої маси у кузові, температура оточуючого середовища та кількість опадів [1].

Провівши попередні розрахунки, було встановлено, що при русі кар'єрного самоскида на підйом виникає перерозподіл навантажень. У випадку руху на підйом – навантаження на задню вісь збільшується, а на передню зменшується. Горшков Е.В. у своїй роботі дослідив, а Ворошилов Г.А. використав – збільшення навантаження на шину на 10% від номінальної знижує її видимість на 25-30%, а збільшення навантаження на 30-40% знижує термін служби шини відповідно на 40-60%. В зв'язку з цим при визначенні максимального ухилу кар'єрних технологічних доріг по допустимому значенні навантаження на шини, розрахунок необхідно проводити для перевантажених осей.

Осьові навантаження при прямолінійному рівномірному русі двоосного кар'єрного самоскида на ухилі визначається з виразу рівноваги системи (рис. 1).





підйом

Рис. 1. Схема сил, діючих на кар'єрний самоскид при русі під ухил

Провівши розрахунок отриманих даних, було встановлено, що вплив повздовжнього ухилу дороги на осьові навантаження кар'єрних самоскидів має не лінійні залежності, так як встановив Горшков Е.В., а потім використав Ворошилов Г.А., а вигляд гіперболічної залежності, що суттєво впливає на розрахунки тягово-динамічних показників руху кар'єрних самоскидів.

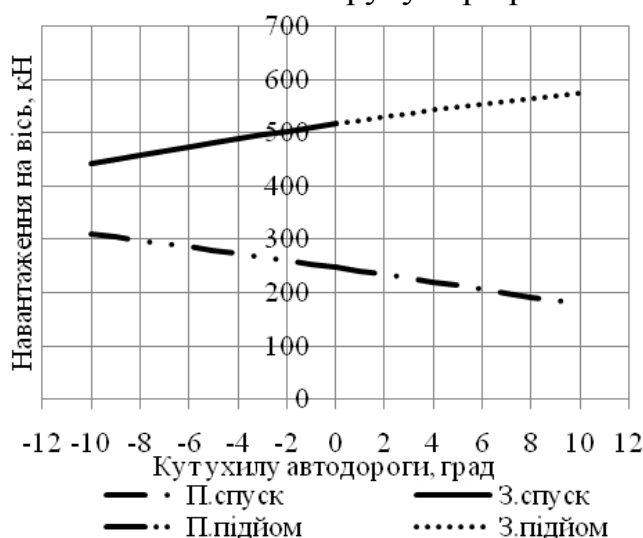


Рис. 2. Залежність зміни осьового навантаження завантаженого кар'єрного самоскида П.спуск – передня вісь спуск, З.спуск – задня вісь спуск

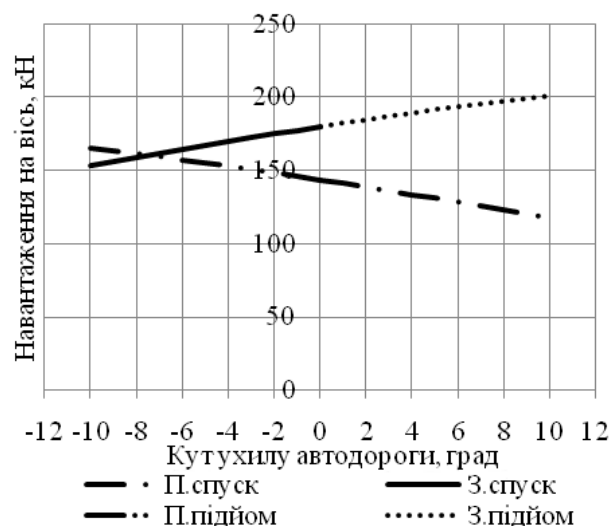


Рис. 3. Залежність зміни осьового навантаження порожнього кар'єрного самоскида П.спуск – передня вісь спуск, З.спуск – задня вісь спуск

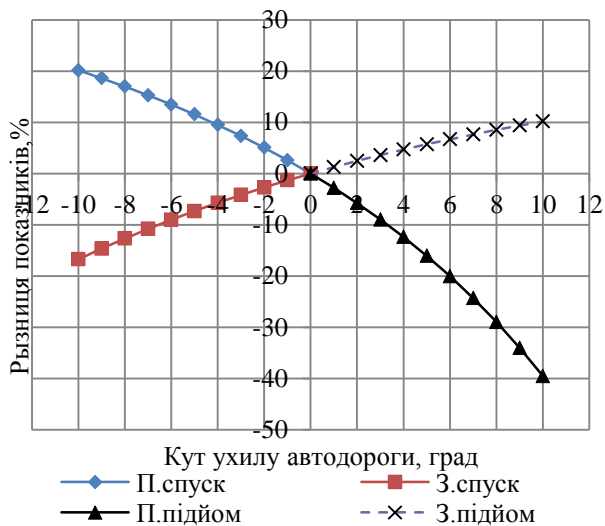


Рис. 4. Відносна залежність осьового навантаження від ухилу дороги завантаженого кар'єрного самоскида

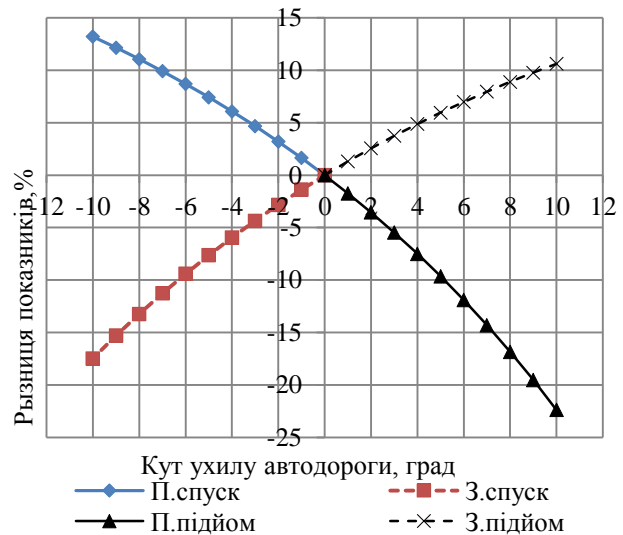


Рис. 5. Відносна залежність осьового навантаження від ухилу дороги порожнього кар'єрного самоскида

Аналіз результатів, представлених на рис. 2-5, показує, що із збільшенням повздовжнього ухилу дороги від 0 до 10%, при русі завантаженого кар'єрного самоскида БелАЗ-75471 на підйом навантаження на задню вісь збільшується на 9,68%, порожнього – 10,62%, відповідно при русі униз перевантаження передньої осі становить відповідно 19,33 та 13,2%. Таким чином найбільше перевантаження сприймає саме передня вісь.

Наступним етапом було проведення порівняння навантажень на шини основних марок виробників в залежності від завантаження та ухилу дороги в порівнянні з допустимим значенням для кожної з осей.

Провівши аналіз перерозподілу навантаження використовуючи при цьому найчастіше використовуємі марки шин для БелАЗ-75471 посадочного діаметра 35 дюйми, встановлено що із збільшенням повздовжнього ухилу дороги від 0 до 10% найбільше перевантаження від допустимого значення задніх шин мають шини Белшина 21.00-35 – 9,2%, яке починається після ухилу 1,5%.

При русі униз теж найбільше перевантаження має Белшина 21.00-35, яке становить 15,4%. Найменше ж значення перевантаження мають шини Michelin 21.00 R35, які при русі вгору вантажного самоскида мають перевантаження під кутом 10% задніх шин 0,6%, а при русі униз перевантаження передніх – 7,4%. Такі результат пояснюються тим, що Michelin в порівнянні з Белшиною має на 900кг більшу допустиме значення навантаження, відповідно 14500 і 13600 кг на шину.

При русі порожнього самоскида у гору спостерігаємо запас по навантаженню для задніх шин 182,6-158,2, униз 71,8-57,0% відповідно Michelin та Белшина. Такий розподіл зумовлений тим, що при порожньому стані, центр ваги зміщується уперед, і ззаду вісь розвантажується, а якщо врахувати, що там знаходиться 4 колеса, то на одне колесо припадає навантаження значно менше від допустимого.

Дані значення по перевантаженню будуть змінюватися в залежності від моделі самоскида, розміщенню центра ваги, значення коефіцієнта опору кочення.

З проведених досліджень слід зробити висновок, що найбільш чутливими по перевантаженню є саме передні шини. Це стосується тих підприємств де транспортування вантажу направлено не знизу до гори, а навпаки – зверху до низу (нагорні кар'єри). Адже відомо, що перевантаження кар'єрного самоскида на 20-30% супроводжується зменшенням ресурсу шини на 30-42%.

Завдяки розробленій розрахунковій моделі перерозподілу ваги кар'єрного самоскида вдасться більш правильно здійснити підбір шин по допустимому навантаженню в залежності від дорожніх умов експлуатації.

Подальші напрямки досліджень передбачають дослідження температурного режиму роботи великогабаритних шин.

Література:

1. *Анализ эксплуатации и правильный выбор крупногабаритных шин [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL : <http://cyberleninka.ru/article/n/analiz-ekspluatatsii-i-pravilnyy-vybor-kрупногабаритnyh-shin>. – Назва з екрану.*

Основные средства [Электронный ресурс] / В. Перелыгин, канд техн. наук // Ближайшие перспективы карьерного транспорта" №5 2008. - Режим доступа: http://www.osl.ru/article/mining/2008_05_A_2009_03_17-15_15_41/

2. *Почужевський О.Д. Обґрунтування розміщення підприємств технічного сервісу кар'єрних автосамоскидів / Ю.А. Монастирський, О.Д. Почужевський // Вісник Криворізького технічного університету. – 2007. – № 17. – С. 203 – 206.*

3. *Скорняков Э.С. Крупногабаритные шины автомобилей и тракторов – Днепропетровск, Пороги, 2000. – 263 с.*

4. *Скоряков Э.С. Эксплуатация и ремонт крупногабаритных шин / Скоряков Э.С., Кваша Э.Н. и др. – М., Химия, 1991. – 128 с.*

6 *Горшков Э. В. Обоснование рациональных параметров технологического автотранспорта при повышенных уклонах карьерных автодорог: дис. канд. техн. наук: 05.15.03 / Горшов Эдуард Викторович. – Свердловск., 1984. – 195 с.*

7. *Ворошилов Г. А. Обоснование оптимальных уклонов автодорог при разработке нагорноглубинных карьеров: дис. канд. техн. наук: 25.00.22 / Ворошилов Георгий Александрович. – Екатеринбург., 2008. – 155 с.*

8. *Ильин С.А. Технология открытой разработки нагорных месторождений [Текст]. Часть 3: учеб. пособие / С. А. Ильин, Нгуен Тхан Туан. - М.: МГИ, 1993. - 93 с.*

9. *Ильин С. А. Технология открытой разработки нагорных месторождений [Текст]. Часть 4: учеб. пособие / С. А. Ильин. - М.: МГГУ, 1994. - 67 с.*

УДК 621:658.51

А.В. Ларін, магістрант, А.В. Пікільняк, канд. техн. наук, доц.
(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

ВИКОРИСТАННЯ ЗАСОБІВ MYSAP PLM ЯК ІНСТРУМЕНТУ ПРИСКОРЕННЯ КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ПІДГОТОВКИ ВИРОБНИЦТВА

Сьогодні практично завершено процес перетворення ринку продавців в ринок, орієнтований на покупця. На зміну клієнту «взагалі» прийшов «індивідуальний клієнт», роль якості продукції та послуг значно посилилася.

Компаніям-виробникам стало вигідніше підключати до своїх проектів субпідрядників, які виробляють або проектують комплектуючі вироби. Тривалість існування такої проектної групи визначається часом виконання проекту або життєвим циклом виробу.

Поняття якості продукції стало сьогодні більш суб'єктивним, а рівень якості став визначатися ступенем відповідності товару набору характеристик, що пред'являються конкретним споживачем. Сьогодні характерно також повномасштабне використання інформаційних технологій протягом усього життєвого циклу виробу, причому, в виробничо-інформаційний простір стала залучатися все більша кількість учасників. Однак на практиці виявляється, що працівники такого підприємства географічно віддалені один від одного, використовують несумісні платформи і програмні рішення - виникає необхідність в єдиному середовищі спільного ведення бізнесу, що забезпечувала б одночасну роботу в реальному часі, інтеграцію даних в контексті великих збірок, і надавала можливість використання сучасного інтерфейсу із засобами аналізу і підготовки виробництва. З точки зору ІТ це означає підтримку спільної діяльності груп розробників, інформаційний супровід, управління транзакціями і т.і. Все це ув'язується, наприклад, через сервер додатків, над яким повинна знаходитися система управління життєвим циклом виробу (PLM - product lifecycle management), яка в свою чергу координує роботу модулів управління даними про продукти (PDM - product data management).

Компанія SAP AG запропонувала інтегроване рішення mySAP Product Lifecycle Management, в якому крім компонентів платформи mySAP.com широко використовується XML, як засіб зберігання та представлення мета-даних. Рішення mySAP PLM, координуючи діяльність всього підприємства і пов'язуючи рішення mySAP CRM і mySAP SCM, покликане забезпечити управління життєвим циклом виробу на всіх його стадіях, починаючи з моменту виникнення першої ідеї про продукт до його утилізації.

З точки зору SAP, концепція PLM набагато ширше традиційних засобів PDM, сфокусованого на виробництві виробів і дозволяє здійснити підтримку користувача або учасника процесу розробки в будь-якій точці життєвого циклу продукту, що розуміється тепер не тільки як товар, але і як процес або послуга. Традиційний пакет додатків PDM сам по собі не забезпечує рішень для управління проектами, обліку витрат, планування або контролю ресурсів. mySAP PLM дає можливість інтеграції з системою управління ресурсами підприємства і з усіма рішеннями mySAP.com, включаючи компоненти mySAP CRM, mySAP SCM, mySAP E-Procurement і mySAP Exchanges.

Аналітики CIMdata виділяють в життєвому циклі продукту три взаємопов'язані процеси: визначення продукту, виробництво, а також підтримка його функціонування. Для систем категорії cPDm (collaborative Product Definition management - «спільне управління визначенням продукту») важлива повна координація і зв'язок цих процесів. Те, що в SAP називають PLM, включає в себе cPDm-функціональність, забезпечуючи взаємозв'язок трьох процесів життєвого циклу. На сьогоднішній день вже більше 60 компаній-розробників і

консультантів, серед яких Hewlett-Packard, IDS-Scheer, KPMG Consulting, TESIS WAMware і Unigraphics / Engineering Animation, пропонують своїм клієнтам рішення на базі mySAP PLM.

Нижче наведені шість ключових функціональних областей mySAP PLM:

- управління даними про продукт (Life Cycle Data Management);
- управління життєвим циклом основних засобів виробництва (Asset Life Cycle Management);
- управління програмами і проектами (Programm and Project Management);
- співпраця протягом життєвого циклу продукту (Life Cycle Collaboration);
- управління якістю (Quality Management);
- охорона навколишнього середовища та праці, виробнича медицина (Environmental Health and Safety).

Дані про виріб займають значну частину в загальному обсязі інформації, що використовується протягом життєвого циклу виробу. На основі цих даних вирішуються завдання виробництва, матеріально-технічного постачання, збуту, експлуатації та ремонту. Досвід показує, що навіть часткове електронне подання скорочує терміни виробництва виробу в півтора рази і призводить до зменшення витрат на 50-80%. Згідно ключового стандарту CALS-технологій ISO 10303 необхідна гармонізація термінології, типів, видів документів, форматів їх електронного подання, протоколів роботи з ними, засобів захисту від несанкціонованого доступу.

Для вирішення завдань, пов'язаних з накопиченням, зберіганням і використанням великих обсягів даних про продукт SAP PLM пропонує систему управління даними, до складу якої входить кілька компонентів:

- система управління документами - організація серверів-сейфів, створення версій, управління статусами, управління змінами;
- управління структурою продукту - інтегроване проектування продуктів і процесів, інструментальні засоби проектування - Engineering Workbench, вбудована візуалізація і використання цифрових макетів;
- інтеграція - готові до використання інтерфейси для рішень в області САПР і геоінформаційних систем (маються інтерфейси з AutoCAD, Pro/Engineer, CATIA, Unigraphics, I-DEAS, SolidEdge, SolidWorks та ін.);
- управління змінами та конфігурацією - рекламації, повідомлення, заявки/запиту на зміну (ECR/ECO - engineering change request/engineering change order), управління змінами замовлення.

Робота в такій системі дозволяє в єдиній базі даних розміщувати всі дані по об'єктам, що розробляються забезпечуючи оперативний доступ, внесення і відстеження змін.

Необхідність організації бізнесу за принципами PLM усвідомили сьогодні багато підприємств, які прийшли до висновку, що без єдиного інформаційного середовища для всіх учасників життєвого циклу продукту сьогодні не обійтися. Рішення mySAP PLM слід взяти на озброєння більшості підприємств Криворіжжя, що призведе до підвищення ефективності роботи на виробництві. Система єдиного інформаційного середовища повинна бути максимально інтегрована із

засобами CAD / CAM / CAE, управління даними про продукцію, управління відносинами з клієнтами, планування ресурсів підприємства з можливістю прямого доступу з боку замовника через корпоративну мережу і Internet.

Література:

1. Братухін А.Г., Давидов Ю.В., Єлісєєв Ю.С. *CALS (Continuous Acquisition and Life Cycle Support - безперервна інформаційна підтримка життєвого циклу виробу)* / А.Г. Братухін, Ю. В. Давидов, Ю.С. Єлісєєв // М: МАІ. – 2000.

2. Левін О., Судів Є., Волков Д. *Переможці “Формули” CALS – супровід життєвого циклу* / О. Левін, Є. Судів, Д.Волков. // *Відкриті системи.* – 2001. – № 3.

УДК 621:658.51

О.О. СОЛОДУН, магістрант, А.В. ПІКІЛЬНЯК, канд. техн. наук, доц.,
(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

ВИКОРИСТАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ FACTORY FLOW ДЛЯ ПРИСКОРЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ПІДГОТОВКИ ВИРОБНИЦТВА

Сучасний розвиток промислового виробництва тісно пов'язаний з використанням наукоємних та сучасних технологій, що забезпечують конкурентоспроможність продукції, що випускається на світовому ринку. Також гостро стоїть проблема енерго- та ресурсозбереження, яка вирішується впровадженням нових технологічних процесів і створенням нових матеріалів, що забезпечують збільшення продуктивності за рахунок автоматизації та підвищення стійкості інструменту. Стислі терміни і висока якість технологічної підготовки є ключовими чинниками ефективності сучасного машинобудівного виробництва. Програмне забезпечення FactoryFLOW - це графічна система обробки матеріалів, яка дозволяє інженерам оптимізувати компоновку з урахуванням відстаней, частоти і вартості потоків матеріалів. Виробничі схеми аналізуються з використанням інформації про маршрутизацію деталей, потреб в зберіганні матеріалів, специфікацій обладнання для вантажно-розвантажувальних робіт і інформації про упаковку деталей. Для виробників у всьому світі більш ефективні виробничі схеми безпосередньо призводять до зниження витрат на обробку матеріалу та поліпшення структурованого матеріалопотоку. Засоби оцінки FactoryFLOW зменшують витрати, пов'язані з помилками, викликаними фізичною переробкою неефективних макетів. Оптимізовані конструкції заводів дозволяють заводам працювати швидше і підвищувати ефективність виробництва.

FactoryFLOW - це унікальне рішення не тільки в плані оптимізації непрямої праці, але й у простому, але потужному підході до проблеми. Типова виробнича схема включає розрахунки та аналіз потужності, використання, пропускну здатності та обмеження ресурсів. У ситуаціях, коли виникають проблеми з пропускну здатністю або процесом, FactoryFLOW значно підвищує ефективність моделювання і підвищує якість всієї інженерної роботи.

До основних переваг FactoryFLOW відносяться: просте створення початкових макетів; підвищення продуктивності компонування шляхом

визначення оптимального розташування машин і відділів; скорочення потреб в обробці матеріалів і вимог до зберігання;- розробка компоновки робочих станцій в плані процесу;оптимізація компоновок на основі якісних чинників, таких як контроль, енергія, шум і вимоги до забруднення; діаграма інтенсивності потоку матеріалу;- розрахунок витрат і вимог до обробки матеріалу; функція блок-схеми для розробки маршрутів матеріалу; швидке редагування файлу маршруту матеріалу; одна база даних проекту замість безлічі окремих файлів;розрахунок використання пристрою обробки матеріалів; редагування даних за допомогою Microsoft Excel.

FactoryFLOW використовує інформацію про мережі проходів, щоб знайти найкоротшу відстань між будь-якими двома точками, щоб визначити найближчу вхідну док-станцію і зону зберігання до точки використання для даної деталі. Дослідження матеріального потоку виконуються на альтернативних конфігураціях компоновки і автоматично порівнюються, щоб визначити, яка компоновка краще. FactoryFLOW також може бути використаний для розрахунку вимог до обладнання для обробки матеріалів та оптимізованих маршрутів зчіпного пристрою (milkrun). Користувачі також можуть скористатися доступною інформацією про контейнери для автоматичного заповнення контейнерів і бункерів в зонах зберігання і стелажах, щоб створити маршрути пошуку оператора. Інформація про виробничу компоновку зберігається в базі даних FactoryFLOW. FactoryFLOW використовує цю інформацію, щоб допомогти інженерам розробити макети, що полегшують виробничий процес. Дане програмне забезпечення генерує евклідові (двоточкові) діаграми потоку матеріалу, фактичні діаграми потоків, діаграми перевантажень між проходами та кількісні звіти, щоб інженери могли порівнювати варіанти компоновки та підвищувати ефективність виробництва.

Основні можливості FactoryFLOW:

- функція блок-схем дозволяє розробляти маршрути матеріалів з використанням стандартних символів процесу. Ви можете вибрати кілька точок активності і переміщати стрілки в блок-схемі для масових змін маршрутів. Також є можливість вирізати, копіювати і вставляти кілька точок активності для швидкого редагування файлу маршрутизації;

- FactoryFLOW надає шаблони даних, які містять стандартну інформацію, що дозволяє вам обчислювати і відстежувати мікро-дії, такі як кількість часу, витраченого на розрізання матеріалу;

- FactoryFLOW перевіряє дані, щоб переконатися, що використовуються правильні пристрої, і повідомляє вам, коли пристрої для обробки матеріалів недовикористовуються, щоб ви могли здійснювати контроль за використанням своїх операційних активів;

- FactoryFLOW надає інструменти для оцінки вимог до вантажно-розвантажувального обладнання, такого як навантажувачі і буксири. Легко створюються оптимізовані маршрути і графіки доставки буксира, які відбуваються регулярно кожен день. Після аналізу можуть бути створені різні звіти, включаючи тип обладнання, кількість поїздок по маршруту і матеріалу, а

також рівень використання. Ця інформація є ключем до розуміння того, де можна заощадити на вимогах до обладнання шляхом коригування аспектів компонування заводу;

- точки активності дозволяють FactoryFLOW точно визначати місце розташування робочого місця при створенні діаграм потоків матеріалів;

- інтелектуальні алгоритми створення траєкторії дозволяють практично відразу побачити ефект розміщення матеріалу на робочій станції;

- крім створення діаграм і графіків з колірним кодуванням, FactoryFLOW дозволяє створювати різні типи докладних звітів про порівняння макета, потоку матеріалів, часу і витрат.

Література:

1. FactoryCAD/FLOW. [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://ru.wikipedia.org/wiki/FactoryCAD>

2. Factory Flow Tecnomatix. [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://www.pmc corp.com/Products/SiemensProducts/SiemensTecnomatix/FactoryFLOW.aspx>

3. Siemens Factory Flow. [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://4dsysco.com/pdf/Siemens/SiemensFactoryFlow.pdf>

УДК 629.113

О.С.МАКСИМОВА, канд. економ. наук, доц.

(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

ПАРАМЕТРИ СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО ПІДПРИЄМСТВА З РЕМОНТУ ДВИГУНІВ КАР'ЄРНИХ САМОСКИДІВ

Основним завданням автомобільного транспорту гірничо-збагачувального комбінату є здійснення перевезень гірничої маси у рамках технологічного циклу видобутку залізних руд. Але для його виконання та забезпечення нормального функціонування кар'єрного самоскиду як високотехнологічного виробу має існувати система підтримки парку рухомого складу в справному стані. Інфраструктуру такої системи становить виробничо-технічна база гірничотранспортного цеху, яка забезпечує зберігання, технічне обслуговування та ремонт кар'єрних самоскидів.

Дослідження та аналіз робіт вітчизняних науковців дає змогу визначити основні проблеми з ремонту великих кар'єрних самоскидів та дослідити умови експлуатації автотранспортних засобів на вітчизняних кар'єрах. Ці умови визначаються технологією формування й розташування гірничих виробок, що розкривають у кар'єрному полі, взаємозв'язком між параметрами розкривних і видобувних технологічних схем [1,2,3].

Виходячи з розглянутих наукових праць та досвіду транспортних робіт у кар'єрі економічна ефективність експлуатації автосамоскидів, яка суттєво впливає на собівартість рудної сировини у цілому по кар'єру, не одержала узагальненої оцінки, як один з основних показників їх конкурентоспроможності.

Основними показниками, на думку авторів роботи [4,5], є наступні: технічні (призначення, нормативні, ергономічні, естетичні та ін.), економічні (ціна

споживання) та організаційні (знижки, умови платежу та поставок, комплектність поставок, строки та умови гарантії і ін.). Проте, автори ототожнюють поняття конкурентоспроможності автомобілів з рівнем їхньої якості. На відміну від першого поняття якість продукту вимірюється показниками, що передбачені його виробником.

На сьогоднішній день у гірничовидобувній промисловості України використовують самоскиди вантажопідйомністю більше 70 т. ПО «БелАЗ» - світовий виробник кар'єрних самоскидів великої та особливо великої вантажопідйомності. «БелАЗ» в останні кілька років модернізував практично всі класи автосамоскидів, що випускаються. Модернізації піддалися практично всі основні вузли й системи самоскидів, такі як двигуни і їхні системи, гідромеханічні трансмісії, системи електроруху, гідравлічні системи, робоче місце водія, несучі конструкції.

Капітальному ремонту на спеціалізованому підприємстві підлягають двигуни кар'єрних самоскидів вантажопідйомністю 120-130 т. Всі комбінати мають у своєму розпорядженні сучасне ремонтне господарство, яке дозволяє ефективно обслуговувати й ремонтувати кар'єрні самоскиди відповідно до вимог, які висуває виробник техніки. У той же час, капітальний ремонт двигунів силами самих гірничотранспортних цехів, не відрізняється високою якістю робіт.

Тому нами було запропоновано створення спеціалізованого підприємства, що дозволить здійснювати обслуговування та ремонт двигунів кар'єрних самоскидів. Завдання раціонального розміщення розподільчого центру з ремонту двигунів кар'єрних самоскидів набуває актуальності при наявності розвиненої транспортної мережі, тому що в протилежному випадку рішення швидше за все буде очевидним. Місце розташування майбутнього підприємства для виконання робіт з капітальних ремонтів двигунів кар'єрних самоскидів, визначене центром з наступним аналізом можливих місць розміщення на околицях знайденого центра ваги, що враховує наявність транспортних зв'язків та можливості забезпечити виконання таких робіт.

Доповідь присвячена обґрунтуванню необхідності створення спеціалізованих підприємств із ремонту кар'єрних самоскидів, що дозволить значно підвищити якість ремонтних робіт.

Література

1. Егоров А.Н. Эксплуатация карьерных самосвалов с гидромеханической трансмиссией / А.Н.Егоров, Н.В.Каранкевич, Г.И. Павленко и др.. – Х.: Золотые страницы, 2006. – 296 с.
2. Ковальчук В. А. Визначення організаційних та ресурсно-технологічних факторів впливу на продуктивність кар'єрного автотранспорту / В. А. Ковальчук, І. В. Оболонська // Вісник Криворізького національного університету. – 2012. – Вип. 30. – С. 3-5.
3. Мариев П.Л. Карьерный автотранспорт: состояние и перспективы / П.Л.Мариев, А.А. Кулешов, А.Н.Егоров, И.В. Зырянов. – СПб.: Наука, 2004. – 429 с.
4. Монастирський Ю. А. Аналіз парків кар'єрних самоскидів підприємств центральної частини України / Ю. А. Монастирський, А. В. Гальченко, А. С. Вівчарик // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х. : НТУ «ХПІ», 2014. – з 9 (1052). – С. 38-42;
5. Потапенко В. В. Аналіз моделі технологічних станів кар'єрних самоскидів БелАЗ [Електронний ресурс] / В. В. Потапенко // Вісник НТУ «ХПІ». – 2013. – з 29 (1002). – С. 126-132. – Режим доступу: http://ait.kharkov.ua/uploads/29_1002.pdf.

ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ І МЕХАНІЗАЦІЇ В ГІРНИЧО- МЕТАЛУРГІЙНОМУ КОМПЛЕКСІ

Матеріали
Міжнародної науково-технічної конференції
молодих вчених і студентів

Видавець
Криворізький національний університет
50027 , м. Кривий Ріг,
вул. Віталія Матусевича, 11