

Министерство образования и науки Украины
Днепропетровская областная государственная администрация
Национальный горный университет



НАУКОВА АКАДЕМІЯ
УКРАЇНИ **МАТЕРІАЛИ**

Международной научно-технической
конференции

**«Проблемы механики
горно-металлургического комплекса»**

28 - 31 мая 2002 года

**Днепропетровск
2002**

**28 - 31 мая 2002 года в Национальном горном университете
состоялась международная научно-техническая конференция
«Проблемы механики горно–металлургического комплекса»**

Организаторами конференции выступили Министерство образования и науки Украины, Днепропетровская областная государственная администрация, институт черной металлургии НАН Украины, горно-металлургическая группа ХК «Механобр», НТТЦ «Океанмаш», АО «НКМЗ», ХК «Центр-М», УЭЛНИИ, Днепропетровский агрегатный завод, АО «Днепропресс» и Национальный горный университет.

Цель конференции – дальнейшая консолидация научного и производственного потенциала Украины для развития перспективных направлений механики.

В работе конференции приняло участие более 300 специалистов в области металлургии, горного дела, транспортных систем и технологий из Украины, России, Германии, Польши, Белоруссии.

Участниками конференции было представлено более 250 научных докладов, в которых рассмотрены современное состояние и перспективы развития механики горно-металлургического комплекса и механики транспортных систем.

В период работы конференции в НГУ был организован семинар «Современные методы проектирования инженерного анализа и управления», выставка и демонстрация программных продуктов по компьютерному проектированию машин, механизмов и сооружений, представленных АО «НКМЗ», «Аскон-Киев», «АПМ», инженерной компанией ТЕХНОПОЛИС и демонстрация работы гидрокрепы КД-99 для тонких пластов производства завода «ДАЗ».

Оргкомитет конференции и редакционная коллегия сборника научных трудов НГА Украины выражает признательность за финансовую поддержку в издании научных трудов участникам конференции, предприятиям и организациям.

Содержание

	Стр.
Андиферов А.В. Многомассная динамическая модель вертикальной вибрационной мельницы	11
Заболотный К.С., Жупиев А.Л., Безпалько Т.В. Исследование влияния параметров подъемной установки на изгиб каната при стационарной намотке на барабан с использованием плоской модели	11
Гущин О.В. Пневмотранспорт сыпучих материалов в порционном режиме движения	12
Бейгул В.О. Исследование динамики нагружения системы "буксировщик–карьерный автосамосвал"	13
Лукьяненко А.Ф. Грохоты с неоднородным полем колебаний	14
Кофанов А.С., Руль А.С., Кравченко П.А., Болобан Б.А. Отсадочная машина с подвижным решетом, результаты испытаний	15
Кириченко Е.А., Вишняк Е.А., Евтеев В.В. К вопросу совершенствования энергетических свойств мощных эрлифтов	16
Кирия Р.В. Задачи и методы оптимального проектирования перегрузочных узлов ленточных конвейеров	17
Кириченко Е.А., Чеберячко И.М., Шворак В.Г. О комплексном подходе к проблеме добычи и переработки руд глубокоководных месторождений	18
Коноваленко А.Д. Повышение качества изготовления ободьев колес тракторов класса 0,6-1,4 ТС	19
Вишняк Е.А., Кириченко Е.А., Шворак В.Г. Верификация конструктивных параметров гидроподъемов в рамках системного подхода	20
Лагунова Ю.А. Оценка эффективности рабочих процессов измельчительного оборудования	20
Кочура И.В. Наиболее вероятные риски для предприятий угольной промышленности	22
Королев П.П., Алтухов В.Н, Левченко Э.П. Разработка и исследование роторно-ударной дробилки	23
Макаров Д.М. Методика нахождения базиса адаптивного спектрального преобразования для предварительной обработки вибросигналов	24
Леена И.И. Результаты исследования динамических процессов в механизме передвижения колодцевого крана	25
Светкина Е.Ю. Стабилизация композиционных материалов за счет активации минералов путем вибронагружения	25
Сладковский А.В., Ситаж М., Сладковская О.П. Анализ температурных напряжений в железнодорожных колесах промышленного транспорта	27
Сладковский А.В., Хмиленко В.С., Рубан В.Н. Восстановление профиля рабочей поверхности колесных пар машин рельсового транспорта металлургических предприятий и ГОКов	28
Сладковский А.В., Гондарь И.Н., Сладковская О.П. Тестовая модель прохождения железнодорожного колеса с подрессоренной массой неровности пути	30
Сургай Н.С., Толстой М.Н. Снижение динамики экскавационной машины на основе имитационного моделирования её рабочего процесса (на примере карьерного роторного экскаватора)	31

Сургай Н.С., Кулиш В.А., Карпенко А.В. Энергосберегающий подход к использованию высокопроизводительного оборудования непрерывного действия на открытых горных работах	32
Федоскин В.А., Плахотник В.В., Хаддад Д.С. Особенности движения материала в вибрационной сушильной установке	33
Франчук В.П., Анциферов А.В., Егурнов А.И. Применение теории вязко-упругого поведения при исследовании гармонических колебаний пластины	34
Чижик Е.Ф., Дырда В.И., Чижик Е.Е., Мельников О.К. Современное состояние и перспективы развития конструкций резиновых футеровок рудоразмольных мельниц	34
Веселовский В.Б., Клим В.Ю., Сясев А.В. Разогрев составного стержня при высокочастотном нагружении	35
Громадский А.С. Исследование вибрации и разработка средств виброзащиты оборудования карьерных экскаваторов	36
Ленда В.А. Оптимизация характеристик параметрического импульса в нелинейных системах с кусочно-линейными упругими связями	37
Малашенко В.О., Сороківський О.І., Куновський Г.П., Малашенко В.В. Динаміка підймання жорсткої високої споруди	38
Орлова Н.Д., Овчинников П.Ф. О расчете параметров процесса изменения удельной поверхности металлических порошков при измельчении на вибрационных мельницах	39
Настоящий В.А., Яцун В.В., Джирма С.А., Тарасенко А.А. Повышения технического уровня оборудования для измельчения, сортировки и транспортирования минеральных материалов методом гумирования	40
Овчинников П.Ф. Обзор методов решения обыкновенных дифференциальных уравнений с переменными коэффициентами	40
Выстороп А.П., Гребёнкин С.С. Техничко-економическое обоснование управления горным давлением в лаве наклонного пласта пневматическими элементами с регулируемой жесткостью и несущей способностью	41
Лоскутов Д.В. Способ упрочняюще-чистовой обработки деталей	43
Бондаренко Л.Н., Дырда В.И., Овчаренко Ю.Н., Терещенко Н.В., Рыжков И.Е., Андрушевич А.В. Оптимизация соотношений между элементами кулачковых механизмов	43
Дырда В.И., Шолин М.К. К расчету металлорезиновых систем металлорезиновых систем	44
Заболотный К.С., Зиновьев С.Н. Моделирование отрыва жидкой пленки и капель с поверхностного слоя жидкости, расположенной на цилиндрической поверхности	44
Павленко А.П., Кийко А.И., Ивахненко В.Н., Садило А.В. Высокочувствительная система обнаружения и предупреждения боксования тягового рельсового транспорта	45
Ильин С.Р., Дворников В.И., Карцелин Е.Р. Программный комплекс “армирование шахтного ствола”	47
Кийко А.И., Павленко А.П. Моделирование динамических процессов в системе «тяговый электродвигатель – колесная пара – рельсовый путь – противобоксовочная система»	47
Константинов Е.Г., Тарасенко Е.А., Орлова Т.Л. К вопросу о повышении свойств сталей, работающих в условиях ударно истирающих нагрузок истирающих при пониженных температурах окружающей среды	48
Науменко Е.Г., Сальников А.С. Исследование фазового состава износостойких нитридов	49

Логвиненко Е.А., Силич-Балгабаева В.Б. Обоснование, расчет динамических параметров и создание асимметричных вибромашин с бигармоническим возбуждением	50
Логвиненко Е.А., Силич-Балгабаева В.Б., Пилипенко Т.А. Влияние спектра вибрации на формирование железобетонных конструкций	51
Науменко Ю.В. Прогнозирование параметров вращательных режимов горизонтальных барабанных машин горно-металлургического комплекса	52
Олишевский Г.С. Определение рациональных параметров гидротранспортных систем средствами ПЭВМ	54
Крижанівський Є.І., Вольченко Д.О., Пургал М.П. До методик розрахунку динамічної і теплової навантаженості різних типів стрічково-колодкових гальм бурових лебідок	54
Вольченко О.І., Криштопа С.І., Вольченко М.О., Сп'як М.А. Теплонавантаженість стрічково-колодкового гальма з обертальними фрикційними накладками	55
Петрик А.А., Вольченко Н.А., Волощук В.В. Термоэлектрическое охлаждение барабанно-колодочных тормозов различных типов	56
Петров А.Г. Защита от взаимного заклинивания очистного комбайна и скребкового конвейера	56
Корнеев С.В., Сафонов В.И. Поиск места заклинивания тягового органа скребкового конвейера с применением метода пробного пуска	57
Корнеев С.В., Варченко Ю.Э., Сафонов В.И. Новый способ монтажного натяжения тягового органа забойных скребковых конвейеров	58
Хоменко О.Е. Технология отработки руд в зонах влияния выработанного пространства	59
Хромов В.Г., Бохонский А.И., Хромов Е.В. Исследования фрикционных колебаний питающих катушек канатовьющих машин	59
Костецька Н.Б., Ярошенко В.Ф. Шляхи забезпечення надійності підшипникових вузлів подрібнювачів граніту	60
Таран А.А. Выбор основных параметров шахтных локомотивов с комбинированным приводом	61
Горобец С.В., Горобец О.Ю. Теоретический расчет параметров насадки магнитного фильтра, состоящей из решетки железных шаров	62
Дятчин В.З., Дудченко А.Х., Франчук В.П. Определение рациональных форм просеивающих поверхностей для грохочения различной крупности материала	63
Кошик Ю.И., Недельский А.Г., Дятчин В.З. Опыт применения и перспективы развития вибрационных машин и механизмов на добыче и переработке полезных ископаемых	63
Вернер И.В. Использование средств компьютерного моделирования при проектировании гидротрансформации привода шахтного локомотива	64
Иохельсон З.М. Теоретические основы взрывозащиты нагреваемых элементов рудничного электрооборудования	65
Мушенков Ю.А., Вишинський В.Т., Рахманов С.Р., Зданевич С.В. Використання інформаційних технологій в НДРС на кафедрі теоретичної механіки НМЕТАУ	66
Брюханов А.М., Мнухин А.Г., Манжос Ю.В., Иванилов В.Н., Антипин А.В., Иохельсон З.М. Рудничный взрывной прибор со специальным видом взрывозащиты на основе эпоксидного компаунда	67
Рагулина Т.В., Харитонов В.П. Высокопроизводительные системы очистки жидких сред в горно-металлургических переделах	68

Алимов В.И., Матвеев Г.П., Кондрацкий В.Л., Алимова С.В. Социально-психологические мотивы адаптации инженерного образования к современности	69
Бузило В.І., Горова А.І., Долинський В.А., Скворцов В.О., Ковров О.С. До екологічної програми розвитку гірничовидобувної галузі України	69
Бондаренко Н.К., Єфімов В.Г., Резніков М.Г. Порівняльні дослідження реагентів на ефективність очищення шахтних вод від механічних домішок, які визначають фактори забруднення навколошнього природного середовища гірничим підприємством	71
Лобков Н.И. Исследование сдвижения породных слоев над очистными выработками пологих пластов	71
Финкельштейн З.Л., Бойко Н.З. Применение гидродинамических фильтров в оборудовании горно-металлургического комплекса	72
Худолей О.Г. Модификация коэффициента вариации для оценки конкурентоспособности угольных шахт	72
Литвинский Г.Г. Проходческий комбайн “MIR”	74
Басс К.М., Небаатов А.В. Кинематический анализ механизма привода отсадочной машины с подвижным решетом	75
Небаатов А.В., Басс К.М., Федоскин В.А. Оперативное регулирование процесса отсадки в машинах с подвижным решетом	76
Франчук В.П., Басс К.М., Басс Т.П. Воздушно-пульсационная отсадочная машина с регулируемыми негармоническими колебаниями рабочей среды	76
Ларионов Г.И. К вопросу о выборе формы валов бесшпоночных соединений	76
Табаченко Н.М. Охрана выработок под сводом естественного равновесия	77
Гльїна І.С. Моделювання параметричних коливань підйомної посудини шахтної врівноваженої установки при взаємодії з жорстким армуванням під час аварійного гальмування	78
Рахманов С.Р. Повышение износостойкости матричных колец при горячем прессовании труб	79
Кузнецов Г.В., Фомичев В.В., Гусенко М.В. Анализ связи между производительностью конусной дробилки ККД 1500/180 и расходом футеровочной стали	80
Козорезов К.И. Загадки ударных кратеров, парадокс плотности метеороидов, некоторые тайны неопознанных летающих объектов (НЛО)	81
Дидык Р.П., Олишевская В.Е. Теория и практика повышения трещиностойкости конструкционных материалов	82
Сердюк А.А., Степаненко И.В. Долговечность упругого слоя секционной футеровки приводного барабана ленточного конвейера	83
Пацера С.Т., Метелин Е.П., Радзюк И.Г., Полях М.Ю. Системный подход к оценке качества продукции при производстве и сертификации, основанный на стандартах ISO 9000	84
Кузьменко О.М. Геометрично інтегровані системи технічного планування інтенсифікації гірничих робіт	87
Усатый В.Ю., Усатый В.В. Совершенствование технологии горных работ в условиях ЗАО «ЗЖРК»	88
Недолужко В.Н., Скляренко А.А., Торгаев Л.В. Вопросы ликвидации угольных шахт центрального району Донбасса	89

Царенок И.А. Исследование влияния крупности исходного продукта на производительность барабанных мельниц	90
Півняк Г.Г., Пілов П.І., Салов В.О. Адаптація управління вищими навчальними закладами до сучасних умов	91
Большаков В.И. Пути повышения надёжности и ремонтпригодности оборудования прокатных станов	92
Дыченко А.С. Современные технологии определения распределения внутренних физических параметров в зависимости от геометрической формы тела	93
Таран И.А., Ширин Л.Н. О выборе типа передачи шахтного локомотива с дизельным двигателем	94
Новицкий А.В. Совершенствование конструкций рельсового тормоза шахтных локомотивов	95
Савченко Ю.В. Новые мелкодисперсные твердые сплавы WC—Ni—Co	96
Воскресенский В.С. Некоторые возможности применения комплекса Visualnastran 4D для трехмерного моделирования процессов работы и прочностных расчетов в угольном машиностроении	97
Сторожев В.И., Кононов Ю.Н., Щепин Н.Н., Плескач Б.В. Разработка математической модели расчета усилий и конфигурации роликов догибочной машины	98
Сяев А. В. Формирование термомеханического состояния тел в процессе кристаллизации	99
Глушко А.И. Особенности применение эмульсионных взрывчатых веществ на карьерах	99
Надутый В.П., Лапшин Е.С. Интенсификация переработки горной массы на основе процесса сегрегации	100
Ходос О.Г., Дерюгин О.В. Применение резинометаллических элементов в системе подвешивания ходовой части шахтного рельсового транспорта	101
Мямлин С.В. Зависимость динамических качеств порожних грузовых вагонов от технического состояния ходовых частей	102
Каряченко Н.В. К вопросу о динамике гибких рабочих органов грузотранспортирующих установок с подвижной инерционной нагрузкой	103
Горбенко В.В., Винник И.А. Получение комплексных легирующих добавок из никельсодержащих отходов после электроэрозионной обработки деталей	106
Алимов В.И., Матвеев Г.П., Кондрацкий В.Л., Алимова С.В. Социально-психологические мотивы адаптации инженерного образования к современности	110
Запара Е.С., Бондаренко А.А. Обоснование рационального режима работы грунтозаборных устройств при эксплуатации	113
Маляров П.В. Результаты внедрения и перспективы совершенствования экспериментальной ячейковой футеровки для шаровых барабанных мельниц	116
Риполь-Сарагоси Т.Л. Экологическое обоснование нецелесообразности применения адсорбционной осушки для подвижного состава промышленного транспорта	120
Кочура И.В. Рисковые ситуации в производственной деятельности угольных предприятий	123
Калиниченко В.В. Повышение эффективности грохочения влажной горной массы путем интенсификации процесса	125

Краснопер В.П. Результаты исследований процесса тонкого грохочения на грохоте с непосредственным возбуждением сита	126
Веселкова Т.А., Мещеряков В.И., Сенина Т.И., Глухов Н.И. Воздействие продуктов разложения ингибирующих добавок на реагирующие поверхности	126
Луцкий М.Б., Дорожко И.К., Луценко В.А., Коваленко А.А., Чичкан А.А. Новая конструкция металлических шпал для рудничного транспорта	130
Бакланов А.А., Трофимов О.Г. О повторном использовании выработок при столбовой системе разработки	133
Гого В.Б. Обоснование параметров и характеристика элементов комплексной газлифтной системы гидротранспорта	134
Кольчик Е.И., Мороз О.К., Кольчик И.Е., Касьян Р.Н. К вопросу о выборе оптимального сечения подготовительных выработок	137
Півняк Г.Г., Школа М.І., Кириченко В.В. Роль програмного керування в підвищенні надійності синхронних електроприводів з пружними муфтами	139
Пивняк Г.Г., Кириченко В.И., Бородай В.А. О повышении надежности пуска крупных производственных механизмов	140
Пивняк Г.Г., Кириченко В.В., Боровик Р.А. О проблемах модернизации барабанных мельниц и их электромеханических систем	141
Кириченко В.И., Рыбаков А.А. О дополнительных возможностях управления эффективностью процесса измельчения в барабанных мельницах	142
Коноваленко А.Д. Повышение качества изготовления ободьев колес тракторов класса 0,61,4 ТС	143
Бондаренко Н.К., Єфімов В.Г., Резніков М.Г. Порівняльні дослідження реагентів на ефективність очищення шахтних вод від механічних домішок, які визначають фактори забруднення навколишнього середовища гірничим підприємством	145
Бузило В.І., Горова А.І., Долинський В.А., Скворцов В.О., Ковров О.С. До екологічної програми розвитку гірничовидобувної галузі України	147
Кириченко В.Я., Сугаренко Г.Г. Ресурсосбережение при креплении и поддержании горных выработок	149
Костыря В.Ю., Долженков И.Е., Деревянко С.А., Костыря Ю.Ф., Кравченко Л. Использование трёхмерной графики при ресурсооценке надёжности и долговечности деталей агрегатов горно-металлургического комплекса	152
Пивень Ю.А., Доронин А.Д., Пушной П.И., Гончаров А.Д. Контроль технологических процессов в очистных забоях, оборудованных щитовыми агрегатами, с использованием звукоулавливающей аппаратуры	156
Борисенко Э.В., Могунов С.Г., Пилютин В.В., Теросипов В.М. Научно-техническое обоснование и опыт применения комбинированной забойки при ведении буровзрывных работ	158
Гребенкин С.С., Артамонов В.Н., Кузык И.Н., Керкез С.Д. Направленное изменение свойств угля гидровоздействием в зонах ведения БВР	160
Хмара Л.А., Соколов И.А., Урих Е.И. Высокоэффективное землеройное оборудование для горно-металлургического комплекса	162
Заболотный К.С., Жупиев А.Л., Безпалько Т.В. Критерий допустимых кривизн для определения шага нарезки канавок на цилиндрическом барабане шахтной подъемной машины	165

Маляров П.В. Интенсификация процессов разделения материалов по крупности в барабанных грохотах	169
Литовко Б.М. Анализ эффективности пневматических сетей рудных шахт	172
Константинов Е.Г., Тарасенко Е.А., Орлова Т.Л. К вопросу о повышении свойств сталей, работающих в условиях ударно истирающих нагрузок при пониженных температурах окружающей среды	174
Лобков Н.И. Исследование сдвижения породных слоёв над очистными выработками пологих пластов	175
Заболотный К.С., Зиновьев С.Н. Моделирование отрыва жидкой пленки и капель с поверхностного слоя жидкости, расположенной на цилиндрической поверхности	176
Лобков Н.И., Носач А.К., Бачурин Л.Л., Присяжный Д.Н. Исследование влияния скорости подвигания на работу очистного забоя	178
Носач А.К., Кольчик Е.И., Исаенков А.А. Влияние состава пород и степени метаморфизма на газопроницаемость выработанного пространства	180
Ширин Л.Н., Посуныко Л.Н., Сидоренко Г.П. Технологическое обоснование средств вспомогательного транспорта в подготовительных выработках с анкерным креплением	182
Зиборов К.А. Выбор параметров элементов привода шахтного локомотива с гидромеханическим передаточным механизмом	184
Ярошенко В.Ф. Хвильові процеси в приводах з ланцюговими та пасовими передачами	185
Блохин С.Е., Сердюк А.А. Адаптация выпускников механико–машиностроительного факультета НГУ к научно–педагогической работе	185
Зюзь В.Н. Погрешности при балансировке роторов по методу двух пусков	186
Сердюк А.А., Старченко Е.В., Калашников О.Ю. Перспективный транспорт для глубоких карьеров	187
Зюзь В.Н. Погрешности при балансировке роторов по методу трех пусков (через 120 градусов)	189
Твердохлеб А.М. О повышении синхронизирующей способности синхронных двигателей	190
Франчук В.П., Титов А.А. Исследование влияния свойств загрузки виброударных мельниц на ее массовые характеристики	190
Шаталов Р.М. Сопротивление движению конвейерной ленты и диагностирование состояния роликкоопор	191
Холодняк А.Г., Ганкевич В.Ф. Определение факторов влияющих на возникновение вибрации приводов исполнительных органов роторных экскаваторов типа SR _s – 2400	192
Пучков А.И. Оценка параметров гидравлического балансира шахтного локомотива	193
Микитась А.П. Машины для механизации основных процессов при проходке выработок с использованием БВР	195
Алімов В.І., Єгоров М.Т., Штихно А.П. Удосконалення деформаційно-термічного зміцнення швидкорізальних сталей	196
Большаков В.И., Учитель А.Д., Зелов Е.А., Засельский В.И., Григорьева В.Г., Со рокин А.В., Учитель С.А., Коваленко И.М. Оборудование для контроля качества металлургической шихты	197

Учитель А.Д., Григорьева В.Г., Засельский В.Н., Учитель С.А., Зайцев Г.Л., Большаков В.И. Новое оборудование для подготовки сырья к агломерации и спеканию	198
Большаков В.И., Учитель А.Д., Григорьева В.Г., Засельский В.И., Зелов Е.А., Швед С.В., Зайцев Г.Л. Перспективное оборудование для подготовки агломератов и спеков к плавке	198
Гутько Ю.И. Энергоносители для паровоздушных молотов	199
Драгобецкий В.В. Определение технологических параметров получения штамповарных изделий при штамповке и сварке взрывом	200
Кассов В.Д. Повышение надежности сварных узлов горношахтного оборудования	201
Ушеренко С.М., Правдин Н.Ю., Губенко С.И., Ситало В.Г., Бунчук Ю.П. Структурные изменения в металлической мишени при взрывном легировании	202
Пістунів І.М., Цапко В.К. Оптимальний вибір антифрикційного матеріалу	203
Бодун В.М. Експериментальне дослідження повзучості та довготривалої міцності спекених порошкових матеріалів	204
Тулашвілі Ю.Й., Кошелюк В.А. Аналіз структури конструкційних порошкових виробів на основі геометрично-імовірнісного опису упаковки часток порошку сферичної форми	204
Большаков В.И. Задачи механики металлургических машин	205
Веренев В.В. Инженерная методика выбора оптимальных конструктивных параметров линии привода прокатного стана	206
Шинский О.И., Русаков П.В. Вибрационные технологии и оборудование для получения литых деталей	206
Крот П.В. Параметрические колебания в прокатных станах	207
Богдан К.С. Весодозирующее оборудование повышенной надежности для составления литейной шихты	208
Бойко Л.В., Дудка А.М., Вышинський В.Т. Розробка композиційних матеріалів трибо-технічного призначення з високопористою орієнтованою металевою матрицею	209
Цапко В.К., Пилипчатин Л.Д., Гулковский Д.П., Вышинский В.Т., Чернавский Г.Г. Конструктивные и функциональные особенности машин для дробления и измельчения сырья при производстве изделий из огнеупоров	209
Черевик Ю.И., Вышинский В.Т. Пути улучшения динамических характеристик главных приводов станов холодной прокатки труб	210
Колобов Г.А., Бредихин В.Н., Мирович И.Э., Козловский К.П. Применение отбойно-воздушной сепарации стружки цветных металлов для обеспечения стабильной работы центрифуг	211

МНОГОМАССНАЯ ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ВИБРАЦИОННОЙ МЕЛЬНИЦЫ

Анциферов А.В., Национальный горный университет, Днепропетровск

Существуют машины и устройства, динамический анализ которых приводит к необходимости рассматривать многомассные виброударные системы. В частности к ним относятся вибрационные машины технологического назначения: мельницы, транспортирующие машины, грохота и питатели. Среди этих машин отдельным классом можно выделить вертикальные вибрационные мельницы (МВВ). Особенностью их работы является то, что рабочий орган совершает гармонические колебания в вертикальной плоскости, что приводит к периодическим взаимодействиям ее с технологической загрузкой (как правило это шары, заполняющих помольную камеру до определенного уровня). Аппараты этого типа имеют перспективное направление использования не только как эффективные измельчители, но и как активаторы или механохимические реакторы. Это показали результаты предварительных экспериментов, проведенных на лабораторных мельницах в Национальном горном университете. Основной вывод из анализа полученных результатов сводится к тому, что наиболее эффективным режимом работы МВВ является виброударный режим. Поэтому идеей данного направления исследований является разработка теории выбора и обоснования технологических параметров МВВ с позиций виброударных систем. В основу проводимого анализа положены два исходных положения: 1) абсолютно неупругое взаимодействие загрузки с днищем камеры; 2) рассматривается граничный случай взаимодействия масс – режим непрерывного подбрасывания, когда загрузка после контакта с днищем мгновенно отрывается от него, меняя направление движения на противоположное. В рассмотренных ранее случаях загрузка принималась как единичная масса. Закономерный интерес представляет подход, при котором технологическая загрузка рассматривается как система масс, в частности одномерный столбик, совершающий правильные движения. Для упругого взаимодействия нижней массы с ударником получены уравнения движения этой простейшей многомассной системы. Однако, для приведенных выше исходных положений они не выполняются. Решить эту задачу предельным переходом в соотношениях также невозможно. Поэтому в данной работе на основании принятых предположений проводятся преобразования исходных уравнений и далее рассматриваются несколько примеров расчета исследуемых систем. Исходными данными являются количество масс m , соотношения между ними α_n и соотношения между коэффициентами восстановления скорости для различных пар масс R_n . Рассматриваются правильные движения систем из двух, трех и четырех элементов при различных законах изменения α_n и R_n . Построены области изменения этих параметров, обеспечивающих виброударное взаимодействие элементов системы. Для рассмотренных случаев определяются динамические высоты столбиков. Анализ результатов и сравнение их с известными данными позволяет указать модель, которая наиболее близко соответствует поведению технологической загрузки МВВ.

УДК 621.863.2:539.4.014

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПОДЪЕМНОЙ УСТАНОВКИ НА ИЗГИБ КАНАТА ПРИ СТАЦИОНАРНОЙ НАМОТКЕ НА БАРАБАН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЛОСКОЙ МОДЕЛИ

Заболотный К.С., Жупиев А.Л., Безпалько Т.В.,
Национальный горный университет, Днепропетровск

Актуальной задачей совершенствования конструкций барабанных шахтных подъемных машин (ШПМ) является увеличение их канатоемкости, что непосредственно связано с назначением минимального шага намотки каната на барабан. Для назначения шага в настоящее время используется критерий точечного касания навиваемого каната и соседнего навитого каната. Находящиеся в эксплуатации четырех- и пятиметровые машины с деревянной футеровкой имеют шаг намотки меньше, чем шаг, рекомендуемый по этому критерию. В связи с этим, необходимо выдвинуть новый критерий, которому бы удовлетворяли уже существующие машины.

В качестве критерия работоспособности подъемной машины с точки зрения процесса намотки каната на барабан предлагаем критерий кривизн, суть которого в выполнении следующего условия: отношение радиуса кривизны оси наматываемого каната к радиусу каната должно быть больше либо равно отношению диаметра барабана к диаметру каната (Db/dk), рекомендуемого правилами безопасности (ПБ). Такой критерий гарантирует обеспечение значений максимальных изгибных напряжений проволок каната, а также нормального давления на соседний канат и на гребешок канавки, меньших либо равных соответствующим значениям при намотке на дно канавки машины с минимальным Db/dk , допустимым по ПБ.

Для использования предложенного критерия решена задача определения кривизны оси наматываемого каната в предположении, что ось наматываемого каната вплоть до точки, соответствующей контакту каната с дном канавки барабана, лежит в плоскости девиации. Профиль канавки лежит в плоскости, проходящей через ось барабана, и представляется сопряжением дуг окружностей и отрезков прямых.

Применение критерия кривизн приводит к следующим результатам:

- 1) намотка на гребешок (случай пустой соседней канавки со стороны уменьшения угла девиации) более опасна, чем намотка на соседний канат;
- 2) критерий точечного касания приводит к завышенному шагу намотки; увеличение угла девиации за значение $1,5^\circ$, рекомендуемое по ПБ, вплоть до величин $1.8-2.4^\circ$ (в зависимости от отношения диаметра барабана к диаметру каната), не приводит к превышению допустимого значения кривизны каната.

УДК 621.867.8

ПНЕВМОТРАНСПОРТ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ В ПОРЦИОННОМ РЕЖИМЕ ДВИЖЕНИЯ

Гущин О.В., Донбасская государственная машиностроительная академия, Краматорск

Доставка сыпучих материалов относительно чистым экологически пневматическим транспортом имеет большое народнохозяйственное значение и касается как очень крупных по объему грузопотоков (измельченные полезные ископаемые в горном деле, каменный уголь в системе топливоподачи ТЭЦ, сухие пески и формовочные материалы в литейном производстве), так и небольших грузопотоков в технологических транспортных системах и поточных линиях. На промышленных предприятиях для перемещения сыпучих материалов широкое распространение получили высоконапорные установки нагнетательного типа, работающие по принципу пылевого облака, производительностью $5...30$ т/ч, дальностью подачи до 1000 метров, скоростью движения воздуха $15...40$ м/с и избыточным давлением от $0,6...0,8$ МПа. Их эксплуатация выявила следующие недостатки: малая концентрация аэросмесей, высокая энергоемкость процесса транспортирования, интенсивный износ трубопроводов (особенно колен, поворотов), разрушение фракционного состава сыпучих материалов, закупорка трубопроводов. Работа установок с высокой скоростью движения аэросмесей сопровождается сложностью и трудоемкостью очистки воздуха, имеет место выброс больших объемов пыли в атмосферу цеха, что в ряде случаев ставит вопрос о целесообразности их использования. В целом установки данного типа оказались низкоэффективными.

Решение проблем, связанных с разработкой и внедрением новых высокоэффективных способов пневматического транспорта измельченных полезных ископаемых с разными физико-механическими свойствами, является актуальной задачей для обогатительных фабрик горных предприятий. Одним из направлений дальнейшего развития и совершенствования пневматического транспорта сыпучих материалов является разработка низкоскоростных установок с высокой концентрацией движущихся аэросмесей при относительно невысоком избыточном давлении. Максимальный массоперенос в этом случае ожидается при условии равенства скоростей движения несущей среды и несомого твердого компонента.

Экспериментальные исследования массопереноса сыпучих материалов пневмотранспортной установкой в порционном режиме движения аэросмесей выполнены на стенде. Особенность экспериментальной установки – материалопровод оборудован дополнительным воздуховодом. Материалопровод и воздуховод соединены между собой посредством воздухоподводящих патрубков.

Основные параметры стенда определены в соответствии с критериями подобия, в качестве которых приняты числа Рейнольдса и Фруда. Исследования массопереноса выполнены с применением методов видеосъемки и фотографии. Производительность оценивалась мерным бункером. Для измерения давлений использована виброизмерительная аппаратура ВИ5-6МА с полупроводниковым блоком питания и датчиками индуктивного типа ДД6, предназначенными для измерения статических и пульсирующих давлений в газовой среде. Процессы массопереноса изучались при транспортировании таких сыпучих материалов: сухие кварцевые пески, измельченный каменный уголь, некоторые виды железистых соединений, кальцинированная сода, гранулированные частицы полиэтилена и пластмассы и др. Крупность частиц изменялась в пределах 0,1...3 мм, насыпная плотность – 0,4...4,5 кг/дм³. Включения отдельных частиц достигали 5...7 мм.

Исследования массопереноса с порционным режимом движения аэросмесей показали, что при определенных условиях сыпучий материал в транспортном трубопроводе движется в виде отдельных объемов, чередующихся с объемами воздуха; порционный режим сохраняется по всей длине транспортного трубопровода, при этом границы порций очерчены достаточно четко; длина и форма отдельных порций несколько видоизменяются в процессе поступательного движения вдоль трубопровода. Длина движущихся порций зависит от физико-механических свойств сыпучих материалов, эффективного диаметра трубопровода и скорости движения потока. По поперечному сечению транспортного трубопровода сыпучий материал распределяется неравномерно, более высокая концентрация наблюдается у нижней поверхности материалопровода. Потери напора в транспортном трубопроводе в начальный момент сдвига порции сыпучего материала зависит от ее длины, диаметра материалопровода и физико-механических свойств перемещаемых легкоподвижных или связных сыпучих материалов. Потери напора на линейных участках определяются структурой движущегося газо-материального потока.

Пневмотранспортные установки с порционным режимом движения могут быть рекомендованы для перемещения легкоподвижных и связных материалов с широким спектром их физико-механических свойств. Их ожидаемая производительность составит 25...100 т/ч при дальности транспортирования 100...500 м и более. При этом реализуются следующие преимущества: снижение скорости движения аэросмеси, снижение избыточного давления в трубопроводе, уменьшение расхода воздуха, снижение энергозатрат на процесс транспортирования, исключение деградации частиц сыпучего материала, уменьшение износа трубопровода, исключение выброса пыли в окружающую среду и улучшение ее экологии.

УДК 629.025:539.4

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ НАГРУЖЕНИЯ СИСТЕМЫ "БУКСИРОВЩИК–КАРЬЕРНЫЙ АВТОСАМОСВАЛ"

Бейгул В.О., Национальный горный университет, Днепропетровск

При буксировании карьерных автосамосвалов по неровностям технологических дорог возникают значительные динамические эффекты, в том числе увеличение нагрузок в силовых элементах подъемно-сцепного устройства, резонансные режимы при колебаниях машин. В плане научно обоснованного назначения металлоемкости подъемно-сцепных устройств решающую роль играют динамические нагрузки, которые в подъемно-сцепном устройстве характеризуются некоторыми коэффициентами динамичности, полученными из рассмотрения колебаний системы "буксировщик–карьерный автосамосвал". В запас прочности и в целях аналитического исследования динамической системы принято, что опорная точка буксируемого автосамосвала не совершает вертикальных перемещений. В этом случае о динамике нагружения подъемно-сцепного устройства можно судить по динамике в подвеске буксируемого автосамосвала. Для получения картины кинематических возмущений выбран наиболее тяжелый участок технологической дороги, который аппроксимируется синусоидой с длиной волны $l_0=2$ м и размахом $A=0,3$ м.

В результате теоретического исследования динамики буксирования карьерных автосамосвалов разработана математическая модель возмущенного движения системы "буксировщик–карьерный автосамосвал". Получены аналитические выражения критических скоростей в зависимости от параметров неровностей технологических дорог. Выведены и решены уравнения возмущенного

движения буксируемого автосамосвала. Полученное аналитическое выражение коэффициента динамичности направлено на определение расчетной нагрузки, которая действует на силовые элементы подъемно-цепных устройств. Приведенный расчет дает представление о предпочтительных режимах буксирования карьерных автосамосвалов БелАЗ–548.

ГРОХОТЫ С НЕОДНОРОДНЫМ ПОЛЕМ КОЛЕБАНИЙ

Лукьяненко А.Ф., Государственный проектно-конструкторский институт обогатительного оборудования "Гипромашуглеобогащение", Луганск

Важнейшей задачей в области разделения сыпучих материалов по крупности было и остается улучшение качества отсева и повышения производительности оборудования, используемого для этой цели.

Наиболее широкое применение здесь находят вибрационные грохоты инерционного и самобалансного типа. Как правило, эти грохоты конструируются с таким расчетом, чтобы возмущающая сила, создаваемая вибровозбудителями проходила через центр колеблющейся массы. В этом случае все точки просеивающей поверхности совершают одинаковые по траектории и величине перемещения.

Институтом "Гипромашуглеобогащение" в 1987-1990 гг. были проведены исследования, которые показали, что при перераспределении определенным образом вдоль просеивающей поверхности характера колебаний можно достичь существенного улучшения технологических показателей процесса грохочения. Теоретические предпосылки прошли проверку на экспериментальном образце грохота самобалансного типа, содержащем два вибровозбудителя со смещенной относительно центра колеблющейся массы возмущающей силой. Грохот прошел сравнительные испытания с равновеликим по площади просеивающей поверхности серийным грохотом ГИЛ52А на ГОФ "Миусинская" (г. Красный Луч Луганской обл.) на операции разделения по крупности ± 6 мм рядовых антрацитов.

Оказалось, что при идентичных по эффективности результатах отсева сравниваемых грохотов новое изделие обеспечивает в 1,5...2 раза более высокую производительность. Кроме того, если на ГИЛ52А при увеличении влажности перерабатываемого материала сверх 5% эффективность резко снижалась (до 15...20%), то на испытываемом грохоте удавалось обеспечить в аналогичных случаях достаточно эффективный отсев (около 70%).

Следовательно, преимущества грохота по новой схеме нашли свое подтверждение.

Последующие исследования привели к выводу, что аналогичных результатов можно ожидать и на грохоте инерционного типа с одним вибровозбудителем, размещенным со смещением относительно центра колеблющейся массы. Такой грохот по сравнению с предыдущим за счет использования одного вибровозбудителя вместо двух обеспечивает более экономные весовые характеристики.

С целью проверки вышеизложенного вывода был разработан и изготовлен инерционный грохот ГЭТ-1, 35х1Ц. Он прошел предварительное опробование на эффективность отсева железной руды, перерабатываемой дробильной фабрикой (ДФ) Полтавского ГОК. Опробование производилось на экспериментальном участке института "Гипромашуглеобогащение" (изготовителя грохота). Использовался материал, полученный с ДФ в количестве 150 кг, для разделения по крупности ± 20 мм на резиновых ситах, как это принято на грохотах, работающих на ДФ. Руда подавалась на ограниченный по ширине участок просеивающей поверхности грохота общей длиной около 3000 мм и производительностью эквивалентной общей производительности грохота при пересчете на полную ширину просеивающей поверхности 450 т/ч, как это имеет место в условиях ДФ. Эффективность отсева составила 88,2%.

На серийных грохотах российского производства ГИТ51Н, эксплуатирующихся на ДФ, эффективность составляет 60...70%, на шведских грохотах "Ripl-Flo" этой же фабрики при более длинном сите – до 80%. Из этого очевидны преимущества нового грохота. Итак, отличительные особенности предлагаемых грохотов как и с двумя, так и с одним вибровозбудителями заключается в следующем: размещение вибровозбудителей на коробе таким образом, что возмущающая сила

оказывается смещенной относительно центра колеблющейся массы; разнонаклонность к горизонту отдельных участков просеивающей поверхности по длине грохота.

Эти особенности обеспечивают неоднородность поля колебаний вдоль просеивающей поверхности и переменную скорость движения материала на ней. В результате перерабатываемый материал ускоренно проходит зону загрузки, где частицы с размерами меньшими отверстий сит легко проходят в подрешетный продукт, и постепенно замедляет движение к концу просеивающей поверхности, одновременно подвергаясь интенсивным встряхиваниям по крутонаклонным траекториям с почти двукратным по сравнению с серийными грохотами ускорением, что способствует выделению под сито оставшихся в материале трудногрохотимых зерен.

Важно отметить, что интенсификация режима колебаний грохота осуществляется без дополнительных энергозатрат и не приводит к существенному увеличению нагрузок на основные несущие элементы корпуса – боковины, т.е. надежность работы грохота не снижается.

По нашему мнению, использование предлагаемых грохотов в производствах, связанных с разделением материалов по крупности, обеспечит существенный прогресс.

Институт "Гипромашуглеобогащение" располагает всеми возможностями по разработке и изготовлению этого типа оборудования применительно к конкретным условиям заказчика.

ОТСАДОЧНАЯ МАШИНА С ПОДВИЖНЫМ РЕШЕТОМ (РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ)

Кофанов А.С., Руль А.С., Кравченко П.А., Болобан Б.А.,
Государственный проектно-конструкторский институт обогатительного оборудования
"Гипромашуглеобогащение", Луганск

Отсадочная машина с подвижным решето ВХП-5х3Р (ОМПП5) разработана в первую очередь для обогащения марганцевых руд, хотя не исключает обогащение других полезных ископаемых.

Главные достоинства подвижного решета, определяющие его высокую эффективность, низкую энергоемкость и незначительный расход воды, заключается в совершенствованном колебательном процессе, обеспечивающем оптимальное разрыхление отсадочной постели и транспортировку вдоль решета небольшой части воды.

Помимо того, что подвижное решето обеспечивало традиционно наиболее эффективные результаты разделения, в данной машине учтены недостатки предшествующих поколений, и главное - введена новая система управления, основанная на последних достижениях электронной техники, позволяющая осуществлять оперативный контроль процесса, что обеспечивает эффект даже в случае резких изменений состава исходной руды.

Машина состоит из 3 корпусов (отделений), соединенных между собой, внутри которых расположено подвижное решето, которое приводится в движение пневмоприводами. В каждом отделении подвижное решето имеет канал для разгрузки тяжелых фракций, оборудованный шибберным устройством, которое управляется автоматически в зависимости от количества тяжелых фракций.

Пневмоприводы приводят решето в движение посредством блока пневмоуправления, включающего в себя глушитель выхлопа отработанного воздуха.

Машина оборудована шкафом управления с пуско-регулирующей аппаратурой, обеспечивающей работу блока пневмоуправления, систем автоматического управления разгрузкой тяжелых фракций и системы регулирования амплитуды и цикла перемещения подвижного решета, которое снабжено системой стабилизации перемещений как в вертикальном, так и в продольном направлениях.

Техническая характеристика отсадочной машины:

Площадь отсадочного отделения, м ²	5,6
Ширина отсадочного отделения, мм	1250
Число отделений	3
Производительность <i>тах</i> по исходному продукту, т/ч	100
Крупность исходного продукта, мм	3-50 (80)
Амплитуда виброперемещений решета, мм	40-100

Частота виброперемещений решета, Гц	0,5-2,0
Удельный расход подрешетной воды, м /ч	0,8-1,0
Расход сжатого воздуха по условиям всасывания, м /ч, не более	1000
Масса, кг	8900

На ГОФ Марганецкого ГОКа был внедрен экспериментальный образец отсадочной машины с подвижным решетом ОМПР5.

На ГОФ имелись 2 технологические цепочки гравитационного обогащения с запиткой от одного общего бункера. В каждой цепочке стояло по 2 отсадочные машины ОПМ14 – основная и пере-чистная. В одной из цепочек был установлен экспериментальный образец отсадочной машины с подвижным решетом вместо 2 отсадочных машин ОПМ14. Были проведены сравнительные испы-тания 2-х цепочек (питание из одного бункера).

Результаты (из протокола приемочных испытаний):

1. Извлечение металла в концентрат высших сортов на 4-8% выше.
2. Потери высших сортов во 2-м сорте на 6-8% ниже.
3. Расход подрешетной воды в 6-7 раз меньше.
4. Расход сжатого воздуха в 3-4 раза меньше.

Таким образом, одна отсадочная машина ОМПР5 экономичнее и дает лучшие показатели, чем две машины ОПМ14 .

К ВОПРОСУ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МОЩНЫХ ЭРЛИФТОВ

Кириченко Е.А., Вишняк Е.А., Евтеев В.В.,
Национальный горный университет, Днепропетровск

Тенденция развития глубоководных эрлифтных гидроподъемов (ГЭГ) в составе горно-морских судовых комплексов заключается в разработке энергосберегающих технологий подъема полезных ископаемых на поверхность.

При движении судна-носителя под воздействием квазистатических нагрузок, обусловленных взаимодействием трубопровода с окружающей морской средой, он отклоняется от вертикального положения и принимает некоторое деформированное состояние с изогнутой осью симметрии. Это приводит к повышению энергоемкости процесса транспортирования и может быть объяснено следующим образом. Для подводящей трубы эрлифта при движении пульпы дополнительные энергоза-траты зависят от степени осевой асимметрии поля скоростей и искривления эпюр локальных кон-центраций твердых частиц. При движении же пульповоздушной смеси в подъемной трубе, по мере отклонения эрлифта от вертикали, основная масса жидкости стремится расположиться вдоль ниж-ней образующей трубопровода, что приводит к увеличению скорости проскальзывания газа и, как следствие, снижению транспортирующей способности потока.

С целью повышения эффективности гидроподъемов разработаны рекомендации, направленные на повышение к.п.д. установок. В результате анализа причинно-следственных связей эрлифтных процессов и систематических числовых экспериментов предложен комплекс мер, обеспечиваю-щих наиболее выгодное сочетание конструктивных, расходных и энергетических параметров. Уста-новлено, что наибольший эффект достигается путем совместного проведения следующих меро-приятий:

- предварительное дробление твердых частиц;
- увеличение действительной концентрации пульпы;
- увеличение рациональной глубины погружения смесителя.

Расчеты, выполненные для базового варианта ГЭГ с глубины 6000 м показали, что для массовой про-изводительности установки $\dot{m}_T = 7,78$ кг/с дробление частиц диаметром $d_T = 0,02$ м до диаметра $d_T = 0,005$ м в совокупности с повышением концентрации пульпы от $\varepsilon_T = 0,05$ до $\varepsilon_T = 0,09$ и увеличением

глубины погружения смесителя от $H_{CM} = 1900$ м до $H_{CM} = 2350$ м приводит к уменьшению потребного расхода воздуха от $m_g = 4,22$ кг/с до $m_g = 3,4$ кг/с и снижению мощности на 16 %.

В виду отсутствия высоконапорных компрессоров требуемой производительности разработан способ, позволяющий осуществить запуск и работу ГЭГ на смесителе, гидростатическое давление в котором превосходит максимальное давление, развиваемое компрессором.

Создание ГЭГ с улучшенной энергетической характеристикой повысит конкурентоспособность эрлифтного варианта подъема при разработке глубоководных месторождений.

УДК 622.647.2

ЗАДАЧИ И МЕТОДЫ ОПТИМАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПЕРЕГРУЗОЧНЫХ УЗЛОВ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ

Кирия Р.В.,

Институт геотехнической механики НАН Украины, Днепропетровск

Создание новых ленточных конвейеров и конвейерных линий с высоким техническим уровнем невозможно без существенного повышения качества проектирования с использованием ЭВМ. Опыт эксплуатации конвейерных линий на горнорудных предприятиях показал, что низкая их надежность, прежде всего, связана с частыми отказами перегрузочных узлов ленточных конвейеров. В то же время их низкая надежность связана, с одной стороны, со сложными и недостаточно изученными процессами движения горной массы в перегрузочных узлах, с другой стороны, с отсутствием системных методов их проектирования, использующих ЭВМ.

Для создания системы автоматизированного проектирования перегрузочных узлов ленточных конвейеров необходимо решить задачи синтеза и анализа. С точки зрения системного анализа ставится задача структурного и параметрического синтеза в процедуре оптимального проектирования перегрузочных узлов ленточных конвейеров.

Структурный синтез перегрузочных узлов ленточных конвейеров представляет собой задачу выбора по исходным данным наилучшей схемы перегрузочного узла, удовлетворяющей определенным требованиям.

Все конструкции перегрузочных узлов ленточных конвейеров можно разделить на пассивные и активные. Пассивные формируют грузопоток за счет сил гравитации. Активные имеют специальный механизм, формирующий грузопоток за счет дополнительного источника энергии.

На практике широкое применение получили пассивные перегрузочные узлы. По сравнению с активными они просты по конструкции и более надежны. В работе даны методы оптимального проектирования именно этих перегрузочных узлов.

Анализ всевозможных конструкций пассивных перегрузочных узлов показал, что многообразие последних можно свести к 28 типовым схемам, каждая из которых состоит из различных сочетаний полок и лотков.

Следовательно, задача структурного синтеза перегрузочных узлов ленточных конвейеров на стадии принятия технического решения заключается в том, что по исходным данным из 28 схем необходимо выбрать одну или несколько, лучше всего удовлетворяющих выше изложенным требованиям.

После выбора схемы перегрузочного узла ленточного конвейера необходимо подобрать его оптимальные конструктивные параметры. Другими словами, решить задачу параметрического синтеза (параметрическая оптимизация).

При решении этой задачи на стадии эскизного проектирования оптимизировались критерии эффективности работы перегрузочных узлов ленточного конвейера, к которым относятся:

степень совпадения скорости падающего груза на ленту приемного конвейера со скоростью этой ленты; габаритные размеры перегрузочного узла; динамические усилия при воздействии потока груза на элементы перегрузочного узла.

В математической форме эти критерии можно записать в виде:

$$K_1 = |V_g - V_l|; \quad K_2 = L_m; \quad K_3 = \max |R_i|,$$

где V_g – скорость потока груза в момент падения его на ленту конвейера; V_l – скорость ленты конвейера; L_m – максимальный размер перегрузки; R_i – силы взаимодействия груза с полками, лотками и лентой приемного конвейера.

Кроме того, при решении задачи параметрического синтеза перегрузочных узлов ленточного конвейера выполнялись условия работоспособности, т.е. попадания груза на ленту, отсутствия завала, габаритное ограничение. Разработанные методы оптимального проектирования перегрузочных узлов ленточных конвейеров реализованы на ЭВМ и внедрены в проектные организации.

О КОМПЛЕКСНОМ ПОДХОДЕ К ПРОБЛЕМЕ ДОБЫЧИ И ПЕРЕРАБОТКИ РУД ГЛУБОКОВОДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Кириченко Е.А., Чеберячко И.М., Шворак В.Г.,
Национальный горный университет, Днепропетровск

Большая протяженность транспортного трубопровода глубоководного эрлифтного гидроподъема стимулирует попытки разработчиков совместить операции по подъему и переработке минерального сырья в рамках комплексной технологии, используя в определенной мере, пневмогидравлический тракт в качестве обогатительного. С этой целью в НГУ проводятся исследования в двух направлениях:

использование для дробления твердых частиц кинетической энергии отработанного в эрлифте воздуха;

регулирование расходных параметров потока для наиболее выгодного сочетания его транспортирующей способности с возможностью дезинтеграции твердых частиц.

Согласно первому направлению разрабатываются способы измельчения, обладающие патентной чистотой.

Реализация второго направления связана с исследованием морфологии газожидкостного потока с учетом активной роли твердых частиц. Установлено, что длины участков подъемной трубы с различными структурами течения зависят от соотношения объемных расходов жидкости и газа на этих участках. В свою очередь, потребный расход воздуха определяется в процессе гидравлического расчета эрлифта как функция массового расхода и объемной концентрации твердой фазы. Таким образом, при заданной производительности установок по твердому в зависимости от концентрации частиц будет изменяться и протяженность участков подъемной трубы с различными структурами течения смеси, отличающихся различной энергоемкостью процесса транспортирования. Поэтому описанный подход может быть также полезен при выборе рациональной концентрации твердой фазы.

Выполнены исследования динамики твердых частиц при снарядной и кольцевой структурах течения. Снарядная структура характеризуется чередованием газовых пузырей и жидких пробок. Скорости твердых частиц на границе раздела фаз претерпевают периодические скачкообразные изменения за счет различной плотности несущей среды. Причем в пределах одного периода частицы, в зависимости от крупности, могут совершать как подъемное так и нисходящее движение. Протяженности периодов увеличиваются по высоте подъемной трубы за счет расширения воздуха, при этом более крупные частицы ввиду гравитационных сил претерпевают большое число периодов.

Показано, что при кольцевом режиме касательные напряжения на границе раздела фаз компенсируют действие силы тяжести на жидкость и обеспечивают ее восходящее движение, а твердые частицы опережают жидкость, т.к. скорость воздуха достаточна для их пневмотранспорта в ядре потока.

**ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОБОДЬЕВ КОЛЕС ТРАКТОРОВ
КЛАССА 0,6-1,4 ТС**

Коноваленко А.Д., Кременчугский государственный политехнический университет, Кременчуг

Сегодня ключевым фактором завоевания и удержания позиций на рынке, обеспечения максимальной продажи выпускаемой продукции является ее качество. Для заводов машиностроительного комплекса Украины, прилагающих большие усилия в целях завоевания зарубежных рынков для своей продукции проблема конкурентоспособности особо актуальна.

Это касается и ОАО «Кременчугский колесный завод» – единственного в СНГ специализированного предприятия по выпуску колес для автотракторной техники. Все ободья колес, выпускаемые этим предприятием, изготавливаются из листового металла методом радиально-ротационного профилирования (РРП). Процесс РРП отличается высокой производительностью, простотой реализации в производстве и универсальностью оборудования. Однако отсутствие данных по технологическим усилиям и надежной методики их расчета не дает возможности в полной мере использовать все преимущества радиального профилирования, затрудняет проектирование новых технологических процессов. В связи с этим Кременчугским государственным политехническим университетом совместно с ОАО «Кременчугский колесный завод» в производственных условиях были проведены экспериментальные исследования ободьев колес тракторов 0,6 – 1,4 ТС. Данный тип тракторов комплектуется ободьями 4,5 Е x 16, при профилировании которых применяется следующая схема: на первой операции на цилиндрической обечайке выполняют наметку бортов. На второй операции профилируют черновой профиль, где уже имеются все составляющие профиля: борта, посадочные полки и центральный ручей, при чем радиусы угловых переходов имеют размеры большие, чем аналогичные радиусы готового профиля. Глубина центрального ручья после второй операции соответствует глубине окончательного профиля. На третьей операции производится загибка бортовых краев, окончательная обработка посадочных полок и доводка всех радиусов. Распределение толщины металла по окончательному профилю неравномерные: наибольшее утонение наблюдается в угловых зонах центрального ручья, в то время как дно центрального ручья имеет максимальную толщину, обычно даже большую, чем толщина исходной заготовки. Такая технологическая схема профилирования имеет ряд существенных недостатков: неравномерное распределение деформации по операциям, многократное профилирование по одним и тем же радиусам (работа «радиус в радиус»), что в совокупности не позволяет уменьшить утонение металла в местах радиусных переходов.

В связи с этим с целью разработки новых технологических схем профилирования данного типа ободьев проведены исследования и определены усилия профилирования на всех технологических переходах ободьев колес 4,5 Е x 16. Результаты обработки и анализа осциллограмм показали следующее: максимальные усилия профилирования данных ободьев имеют место в третьем переходе и составляют 395,89 кН, усилия профилирования распределены неравномерно, с тенденцией к повышению к последнему переходу, что отрицательно сказывается на качестве ободьев и стойкости профилировочных роликов. На основании выполненных исследований, разработаны предложения по созданию новой технологической схемы профилирования ободьев колес 4,5 Е x 16, включающие предварительную осадку, вытяжку середины центрального ручья с перегибом в месте будущих радиусов закругления между посадочной полкой и стенкой центрального ручья, перемещение в процессе профилирования угловых зон центрального ручья от центра к периферии, распределение коэффициента вытяжки по операциям с уменьшением от первого перехода к последнему. Внедрение в производство такой схемы профилирования позволяет экономить 200 т металла в год.

ВЕРИФИКАЦИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ГИДРОПОДЪЕМОВ В РАМКАХ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА

Вишняк Е.А., Кириченко Е.А., Шворак В.Г.,
Национальный горный университет, Днепропетровск

На стадии предпроектных исследований установлено, что используемые в конструкции трубоного става (ТС) глубоководных эрлифтных гидроподъемов (ГЭГ) легированные стали испытывают предельно допустимые напряжения от растягивающих статических нагрузок, поэтому для обеспечения целостности ТС было принято решение о его ступенчатой конструкции с различными внутренними диаметрами трубных секций и толщинами стенок.

Кроме того, при выборе конструкции учитывалось, что на различной высоте ТС находятся сосредоточенные массы (технологическая платформа, смеситель и др.). То есть, на начальном этапе развития горно-морской техники форма ТС выбрана только из соображений прочности и функциональных требований, в то время как вопросы оптимизации расходных и энергетических параметров внутреннего трения пульпы для ступенчатой формы ТС оставались в тени.

Чтобы восполнить этот пробел, авторами разработан метод расчета гидравлических параметров ГЭГ, модифицирован и кинетически распространен на ступенчатую конструкцию ТС. Оказалось, что говорить об оптимальной скорости пульпы по всей длине ступенчатого става не приходится, т.к. критическая скорость должна обеспечиваться в самом широком сечении трубопровода во избежание срыва подачи твердого. При этом в узких сечениях ТС скорость гидросмеси будет значительно превосходить оптимальную, что приведет к резкому увеличению потерь давления.

Установлено, что более рациональной формой ТС является трубопровод постоянного внутреннего диаметра с расширяющейся конической «ступенькой» в верхней части, что позволит обеспечить оптимальную скорость пульпы по всей длине става и существенно сократить энергоемкость установок. Во избежание разрыва трубопровода предлагается использовать специальные материалы с положительной плавучестью (например, сферопластик) с различной толщиной слоя по высоте ТС. В этом смысле, предлагаемая конструкция характеризуется переменным внешним диаметром. Заключение ТС (основной ствол + сателлитные трубопроводы) в цилиндрическую оболочку из сферопластика позволит гарантированно исключить возникновение автоколебаний типа флаттера, бафтинга и галопирования, обусловленных внешним обтеканием, однако приведет к дополнительным затратам энергии на транспортирование ТС в толще воды при движении судна.

Результаты технико-экономического анализа, выполненного с учетом взаимовлияния прочностных и гидродинамических параметров, указывают на перспективность предлагаемой конструкции ТС ввиду того, что на гидротранспорт твердого материала расходуется до 70 % энергии в общем балансе энергозатрат.

УДК 621.926.2

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Лагунова Ю.А., Уральская государственная горно-геологическая академия (УГГГА),
Екатеринбург, Россия

В горнорудной промышленности наибольшее распространение получили барабанные шаровые мельницы. Основными преимуществами барабанных мельниц являются простота конструкции и обслуживания, а также большая производительность. Однако из всех типов помольных агрегатов (молотковые, струйные, вибрационные и др.) эти мельницы самые энергоемкие, отличаются весьма низким коэффициентом полезного действия, большим удельным износом мелющих тел и внутримельничных устройств.

Основным фактором, определяющим высокий уровень энергозатрат при измельчении, является низкая эффективность рабочего процесса барабанных мельниц. Интенсивность их рабочего процесса определяется силами тяжести и инерции, в связи с чем, повышение производительности мо-

жет быть достигнуто за счет увеличения рабочего объема или повышения скорости вращения барабана.

Интенсивность рабочего процесса барабанных мельниц может быть охарактеризована величиной энергонапряженности (условным напряжением)

$$a = A/E = mV^2/2E,$$

где A – кинетическая энергия шаровой загрузки, Дж; E – рабочий объем мельницы, m^3 ; m – масса шаровой загрузки, кг; V – максимальная скорость шаров, м/с.

Выражая величину V через диаметр барабана D , получим

$$a = kD^{0,5},$$

где k – коэффициент пропорциональности.

При $D = 4$ м величина энергонапряженности ориентировочно составляет $a = 5...10$ кПа, что значительно меньше предела прочности измельчаемых частиц горных пород.

Следовательно, исходя из уровня энергонапряженности, можно констатировать, что диспергация частиц происходит, в основном, за счет истирающих воздействий.

Известно, что частицы крупнее 1 мм целесообразно измельчать ударом, а более мелкие – истиранием. В мельницу подается материал, в котором доля фракции 1 мм, либо уже составляет 30 %, либо образуется в большом количестве на начальных участках мельницы. Следовательно, измельчение материала должно быть избирательным, т.е. режим работы мелющих тел за каждый оборот должен изменяться от водопадного до каскадного.

Одним из перспективных направлений совершенствования барабанных мельниц является создание таких внутримельничных устройств, которые бы разрушали застойные зоны, интенсифицировали движение мелющих тел, обеспечивали внутримельничную классификацию измельчаемого материала, улучшали условия энергообмена между барабаном, футеровкой, мелющими телами и материалом.

Разработан ряд технических решений, направленных на интенсификацию рабочего процесса барабанных мельниц. Так, предложена схема шаровой мельницы с наклонной перегородкой, которая создает продольно-поперечное движение мелющих тел, что приводит к разрушению застойных зон, снижению потребляемой мощности привода за счет уменьшения массы мелющих тел и т.д. Повышение эффективности рабочего процесса в данном случае обеспечивается за счет, главным образом, увеличения мощности истирающих воздействий.

Известно также техническое решение, в котором реализуется сверхкритический режим работы мельницы. Измельчение материала осуществляется за счет продавливания материала в узкую клиновидную щель, образованную встроенным в барабан рабочим органом и футеровкой барабана. Недостатком данного технического решения является повышенный износ рабочего органа и футеровки.

В целом известные технические решения основаны на использовании энергосилового потенциала гравитационного и инерционного полей, при этом повышение эффективности рабочего процесса ограничивается техническими параметрами измельчительного оборудования.

На кафедре горных машин и комплексов УГГА разработан ряд технических решений по ДИА (авторские свидетельства №№ 946657, 1058605, 1079282 и 1286279). Например, разработана схема барабанной мельницы с активными мелющими телами. Подвод энергии к мелющим телам осуществляется через штанги, встроенные в барабан. Использование силового инерционного поля взамен гравитационного позволяет резко повысить энерговооруженность мельницы.

Таким образом, применение барабанных мельниц с активными мелющими телами дает основание прогнозировать существенную экономию электроэнергии, повышение производственного потенциала размольного оборудования в результате увеличения эксплуатационной надежности и эффективности процесса измельчения.

НАИБОЛЕЕ ВЕРОЯТНЫЕ РИСКИ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Кочура И.В., Донецкий национальный технический университет, Донецк

В период становления рыночных отношений, несмотря на большой производственный потенциал, многие угольные предприятия оказываются на грани банкротства, что влечет за собой их дальнейшее закрытие. Возникает вопрос: есть ли выход из этой ситуации? Одно из решений обозначенной проблемы – это инвестирование финансовых и материальных средств. Звучит заманчиво, но очень рискованно, так как связано с вложением чужих денег, да еще и с процентами – с одной стороны, но может дать вторую жизнь угольному предприятию – с другой.

Необходимо заметить, что риск является неотъемлемой частью экономической жизни предприятия, а тем более в угольной промышленности, и игнорирование его в процессе внедрения каких-либо технологических, экономических и финансовых мероприятий значительно снижает конкурентоспособность предприятий, потенциал их жизнедеятельности в условиях изменчивой, в какой-то мере агрессивной внешней среды.

Очень важным для принятия решения привлечений сторонних инвестиций является определение вероятности наступления того или иного риска, а также возможности управления ими.

В современной экономической литературе описаны и систематизированы классификации рисков для различного рода видов экономической деятельности предприятий. В настоящее время можно обозначить те, которые наиболее присущи предприятиям угольной промышленности, а затем выделить факторы, влияющие на риски и оценить роль и место каждого риска в общей системе.

Если говорить о конкретном предприятии, то можно выделить пять основных сфер деятельности, в которых возможно потенциальное возникновение рискованной ситуации – производство, финансы, маркетинг, менеджмент и персонал. Необходимо проанализировать возникновение рисков в каждой из этих сфер деятельности предприятия, найти наиболее слабое звено и проанализировать возможность контроля и управления ими.

Рискованную ситуацию предлагается рассматривать как совокупность факторов риска, то есть факторов внешней и внутренней среды, взятых в единстве и взаимодействии друг с другом. Созданию рискованной ситуации способствуют любые изменения в окружающей предприятие рыночной среде, а также они могут быть результатом действия самого предприятия.

При проведении анализа и оценки уровня рисков в угольной промышленности можно сделать акцент на изучение таких внешних факторов как общее состояние экономики региона, социальное положение, уровень инвестиционной активности и т.д.

Установлено, что рискованная ситуация в угольной промышленности возникает при принятии управленческого решения, наличия значительной неопределенности, существования нескольких альтернатив и необходимости выбора одной из них. Исходя из этого, можно выделить основные свойства технико-экономического риска. Это двойственность, дискретность, изменение характера и природы рискованной ситуации во времени, альтернативность при принятии решений, возможность получения случайных ошибок, склонение рискованной ситуации к управленческому влиянию, непредсказуемость.

Возможность выявления в процессе управления предприятием причин экономического риска и мер их влияния на деятельность угольного предприятия в текущем периоде и в перспективе позволяет провести анализ потенциальной рискованной ситуации и разработать способы и приемы управления ею.

Для создания алгоритма оценки и управления экономическими рисками, адаптированного к рискам в угольной промышленности, необходимо внедрить систему управления рисками, которая состоит из трех подсистем: подсистемы экономического регулирования, подсистемы страхования, подсистемы информатизации.

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ РОТОРНО-УДАРНОЙ ДРОБИЛКИ

Королев П.П., Алтухов В.Н., Левченко Э.П.,
Донбасский горно-металлургический институт, Алчевск

Возрастающие требования к качеству продуктов дробления, стремление к экономичности технологических процессов за счет сокращения энергии и материальных ресурсов обуславливают необходимость применения эффективных способов разрушения материалов.

Свободный удар реализуется в двух типах дробилок – молотковых и с разгонным ротором, в которых вертикальное расположение ротора облегчает вывод материала из зоны разрушения, а локальный контакт материала с отбойной плитой снижает износ. Эффективность и гибкость технологии дробления, низкая энергоемкость и материалоемкость дробилок с разгонным ротором ставит их в ряд наиболее перспективных. Причинами ограниченного применения машин такого типа в промышленности являются - износ разгонных рабочих поверхностей, выделение пыли в окружающую среду.

Двухпоточная схема дробления, при которой на вертикальном валу размещены нижний и верхний роторы, с параллельной загрузкой материалов, позволяет снизить расход энергии и металлоемкость дробилки. Эффективность принципиального решения подтверждена работами НИПКИ "Параметр" при ДГМИ (г. Алчевск).

Проводились исследования по поиску оптимальных конструкций ротора с разгонными лопатками из проката и формированию воздушного потока, образующего внутреннюю замкнутую циркуляцию в рабочем пространстве за счет обводной кольцевой камеры между отбойной плитой и корпусом.

Исследования показали, что наличие специальной обводной камеры внутри рабочей камеры позволяет снизить объем воздушного потока на 30 % без изменения габаритов и металлоемкости.

Изменение угла наклона разгонных лопаток от нуля до 25° оказывает слабое влияние на формирование воздушного потока.

При двухпоточном дроблении и близких гранулометрических характеристиках производительность увеличивается в 1,8 раза (измельчению подвергался доменный шлак узкого класса крупности от 40 до 70 мм, производительность изменялась от 2 до 16 т/ч).

Расход энергии для угловой скорости вращения ротора 1500 об/мин с изменением производительности от 6 до 14 кВт для однопоточного дробления и для двухпоточного, соответственно, составлял от 8 до 21 кВт. Это примерно соответствует для стабильных технологических характеристик следующему удельному расходу энергии: для однопоточного дробления 1,3 кВт ч/т и 2,1 кВт ч/т для двухпоточного дробления.

Все характеристики крупности обеспечивают номинальный размер максимальной крупности в границах 9-11 мм с содержанием частиц менее 5 мм до 60-70 % (рис. 1). Дробленый материал в среднем содержит 10-12 % частиц размером менее 1 мм. Степень дробления обеспечивается до 6 – 7.

При проведении технологических и динамических испытаний принцип двухпоточного дробления материалов в дробилках с разгонным ротором показал на значительный резерв, который может обеспечить расширение технологических показателей, снижение энергоемкости по сравнению с однопоточным дроблением.

При проведении технологических и динамических испытаний принцип двухпоточного дробления материалов в дробилках с разгонным ротором показал на значительный резерв, который может обеспечить расширение технологических показателей, снижение энергоемкости по сравнению с однопоточным дроблением.

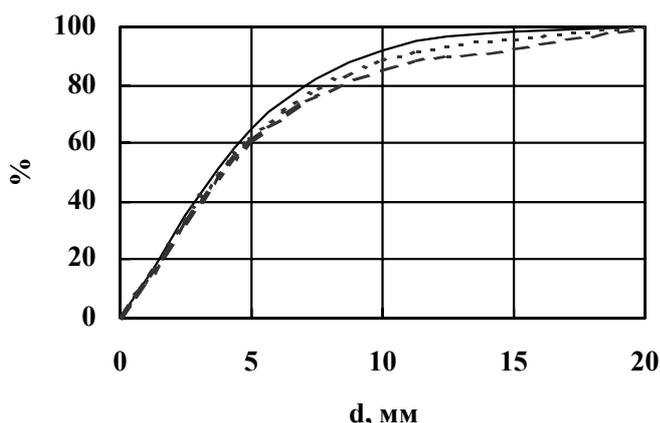


Рис. 1. Гранулометрическая характеристика дробленого материала:

- 1 - шлак при двухпоточном дроблении;
- 2 - щебень при двухпоточном дроблении;
- 3 - шлак при однопоточном дроблении

МЕТОДИКА НАХОЖДЕНИЯ БАЗИСА АДАПТИВНОГО СПЕКТРАЛЬНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ВИБРОСИГНАЛОВ

Макаров Д.М., Национальный горный университет, Днепропетровск

Основой предложенного подхода послужила методика нахождения приспособленного базиса быстрого спектрального преобразования, описанная в работе, модифицированная таким образом, чтобы получить оператор быстрого преобразования Фурье как частный случай адаптивных спектральных операторов для исходных данных, представляющих собой отсчеты синусоидального сигнала.

При описании методики широко используются понятия, связанные с матрично-ядерным представлением спектральных операторов.

Процесс поиска приспособленного спектрального оператора состоит из двух этапов. Целью первого этапа является определение начальных значений углов-параметров ядер спектрального оператора. На втором этапе проводится дальнейшая оптимизация сформированного спектрального оператора.

Выбор начальных значений параметров спектрального оператора.

Пусть имеем множество реализаций случайного процесса $\{X\} = \{x_n\}$, $i = \overline{1, J}$; $n = \overline{0, N-1}$. Найдем для него вектор математического ожидания $M\{X\} = [\overline{x_n}]^T = [\overline{x_0} \ \overline{x_1} \ \dots \ \overline{x_{N-1}}]^T$ и используем его в качестве эталона, сопоставив ему в спектральной области только один коэффициент, не равный нулю: $a_1 \neq 0$, $\overline{a_1} \neq 0$. Для использования математического ожидания процесса в качестве эталона его необходимо центрировать:

$$M'\{X\} = [z_n]^T = [z_0 \ z_1 \ \dots \ z_{N-1}]^T, \quad z_n = \overline{x_n} - M\overline{x} \quad (1)$$

При разложении процесса в собственном базисе корреляционные моменты высших порядков равны 0. Кроме того, если процесс центрирован, равно нулю и его математическое ожидание. Таким образом, в наилучшем случае достигается разложение вида $[0 \ a_1 \ 0 \ \dots \ 0 \ \overline{a_1}]$, где a_1 – корреляционный момент 1-го порядка, $\overline{a_1}$ – комплексно-сопряженное значение 1-го корреляционного момента.

Запишем матричное уравнение для определения необходимых углов-параметров $\{\varphi_{n1}, \theta_{n1}\}$ по заданному эталону $[z_n]$ и одному ненулевому спектральному коэффициенту a_1 , равному, согласно теореме Парсевала, сумме квадратов значений отсчетов. При условии, что существует обратное преобразование, искомое матричное уравнение примет вид:

$$[z_n] = \sqrt{N}[\Psi]^{-1}[a] = \sqrt{N}[\Psi]^T[a] = \sqrt{N}[\Psi_1][a] \quad (2)$$

Чтобы из этого уравнения найти значения $\{\varphi_{n1}, \theta_{n1}\}$, матрицу Ψ_1 следует выразить через обобщенное спектральное ядро [2].

Результатом решения полученной системы уравнений являются искомые углы-параметры базиса, приспособленного к математическому ожиданию анализируемого процесса.

Оптимизация спектрального оператора по Карунену-Лоэву

Некоторые ядра базиса, полученного описанным способом, не зависят от исходного эталона, что позволяет проводить дальнейшую оптимизацию базиса. Для этого может быть использован критерий разности следов ковариационных матриц в спектральной области:

$$F(\{\varphi_{n1}, \theta_{n1}\}) = tr(K_y) - tr(R_y) = \sum_{i=1}^N \lambda_i - tr(B^T K_x B) = \sum_{i=1}^N \lambda_i - tr((G_n \cdot G_{n-1} \dots G_1)^T K_x (G_n \cdot G_{n-1} \dots G_1)), \quad (3)$$

где $\{\varphi_{n1}, \theta_{n1}\}$ – степени свободы приспособленного спектрального оператора. В результате поиска субоптимального по Карунену-Лоэву базиса сводится к нахождению минимума функции $F(\{\varphi_{n1}, \theta_{n1}\})$, т.е. к решению экстремальной задачи. При этом необходимо применять методы глобальной оптимизации.

УДК 621.86.061

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В МЕХАНИЗМЕ ПЕРЕДВИЖЕНИЯ КОЛОДЦЕВОГО КРАНА

Леена И.И., Днепродзержинский государственный технический университет, Днепродзержинск

В ОАО "Днепровский металлургический комбинат" эксплуатируются колодцевые краны конструкции ПО "Сибтяжмаш" с двухприводным механизмом передвижения моста. Практика эксплуатации этих кранов показала их низкую надежность, известны случаи поломок зубчатых муфт и промежуточных валов.

Для анализа загрузки привода выполнены расчеты сопротивления передвижению моста, необходимой мощности электродвигателей, времени разгона и торможения привода, надежности сцепления колес с рельсами. В связи с большими ускорениями проанализирован процесс разгона крана; в качестве расчетных схем использованы двухмассовые системы с упругой, разрывающейся связью, учитывающие зазоры в трансмиссии и ряд вариантов пуска механизма. Установлено влияние зазоров в приводе на величину максимальных нагрузок.

В соответствии с программой экспериментального исследования испытаниям подвержены два однотипных крана с разными наработкой и износом деталей приводов. При экспериментальном исследовании использована стандартная тензометрическая аппаратура, в том числе усилитель "Топаз-3", осциллограф НО-44-1, определены крутящие моменты в тихоходных валах трансмиссии обоих приводов и токи, потребляемые электродвигателями. Установлено, что в исследуемых кранах задействованы двигатели завышенной мощности с серийным включением обмотки возбуждения, которые без нагрузки развивают высокие обороты и при выборке зазоров способствуют интенсивному износу зубьев муфт, отверстий под болты во фланцах.

Выполненные расчеты и проведенное экспериментальное исследование двухдвигательного механизма передвижения колодцевого крана послужили основанием для изменения схемы включения электродвигателей в пользу потенциометрической, когда обеспечивается более плавное замыкание зазоров, для конструктивной доработки зубчатых муфт, что в целом способствует повышению надежности и долговечности колодцевых кранов.

УДК 546.07

СТАБИЛИЗАЦИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ЗА СЧЕТ АКТИВАЦИИ МИНЕРАЛОВ ПУТЕМ ВИБРОНАГРУЖЕНИЯ

Светкина Е.Ю., Национальный горный университет, Днепрпетровск

Несмотря на то, что в настоящее время существует большое количество различных стабилизаторов, они не обеспечивают высокой термостабильности композиционным материалам. Кроме того, в состав композитов входит такое количество хлора, которое может обеспечить высокую огнестойкость, однако под действием температуры хлор легко отщепляется от макроцепи, а полимер и его материалы теряют огнестойкость. Поэтому разработка новых эффективных и доступных стабилизаторов для поливинилхлоридов (ПВХ), которые одновременно способны сообщить материалам на основе ПВХ огнестойкость является одной из важных научных проблем.

Наиболее известный и широко применяемый неорганический замедлитель горения – тригидрат оксида алюминия. Основным преимуществом применения гидраргиллита является его низкая стоимость по сравнению с органическими замедлителями горения, а также то, что продукты разложения, содержащие этот материал при горении не загрязняют окружающую среду.

Существует огромное количество промышленных и лабораторных способов получения достаточно тонкого порошка тригидрата оксида алюминия, который должен состоять из некристаллической или квазибемитной структуры. Несмотря на возможность регулирования структуры материала, методы обладают недостатками: большой расход нерегенерируемых кислот и щелочей; дорогостоящая и громоздкая аппаратура, требующая больших затрат энергии; использование огромного количества воды для отмычки осадка, а также ее утилизация, которая чрезвычайно сложна.

В настоящее время существуют различные методы получения порошковых материалов. Порошки, входящие в состав шихты катализаторов, получают, как правило, механическим измельчением. Технологические и химические свойства их определяются такими характеристиками, как размер и форма частиц, наличие примесей, дефектность кристаллической структуры. В связи с этим большое значение имеют процессы механического измельчения порошков. Размол может осуществляться в вихревых и шаровых мельницах, которые обладают высокой производительностью, но и не лишены существенных недостатков. Они дают большое количество примесей от помола материала корпуса и мелющих тел, в вихревых мельницах не всегда удается получить материал ниже определенной величины крупности, а время работы шаровых мельниц может достигать до сотен часов.

Общеизвестно, что более высокая скорость помола большая дисперсность порошков достигаются в мельницах с повышенной энергией шаров - вибрационных и планетарных. В настоящее время наибольшее распространение получила конструктивная схема вибрационной мельницы с горизонтальным расположением помольной камеры и инерционным вибровозбудителем, корпус которой совершает колебательные движения по траектории, близкой к круговой. Измельчение материала в этом случае происходит в результате удара и истирания с воздействием мелющих тел на поверхностные слои частиц.

Теоретические и экспериментальные исследования, проводимые в Национальном горном университете, позволяют сделать вывод, что для тонкого и сверхтонкого измельчения порошковых материалов и проведения некоторых механохимических реакций большими возможностями обладают вертикальные вибрационные мельницы (МВВ). Отличительной особенностью их от мельниц других типов является то, что помольные камеры совершают колебательные движения по прямолинейной траектории в вертикальной плоскости. Такие параметры обеспечивают преимущественно виброударное воздействие на разрушаемый материал с проникновением зоны деформации на весь объем частицы. Износ шаров при этом незначительный и происходит равномерно по всей поверхности с сохранением сферической формы. Проведенные исследования показали, что данный вид движения позволяет реализовать более высокую энергонапряженность технологической загрузки. Поэтому МВВ целесообразно использовать при измельчении материалов, обладающих высокой твердостью с большей или меньшей хрупкостью.

Путем вибронагрузки получены порошки тригидрат оксида алюминия квазибемитной структуры. Квазибемитная структура характеризуется аморфным состоянием, которое всегда обладает большей энтальпией по сравнению с кристаллическим, вследствие чего возможен самопроизвольный переход из аморфного (стеклообразного) состояния в кристаллическое (более устойчивое). Этот переход сопровождается небольшим выделением теплоты. Методом дифференциального термического анализа (ДТА) рассчитана выделяющаяся энергия, образующаяся при виброобработке. Однако для усиления активационного эффекта, полученного в МВВ, а также сохранения механохимической активации произведено закрепление активных центров путем образования кластерных соединений.

Показан механизм стабилизации ПВХ этими кластерными соединениями за счет образования энергетически выгодных конформаций в сенсibilизированных участках цепи ПВХ, а также акцептируют хлористый водород по свободно-радикальному механизму.

Полученный вибронагрузением стабилизатор и закрепленный на полимерной матрице позволяет сохранять физико-механические свойства композиционных материалов.

**АНАЛИЗ ТЕМПЕРАТУРНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ КОЛЕСАХ
ПРОМЫШЛЕННОГО ТРАНСПОРТА**

Сладковский А.В., Ситаж М.,
Силезский технический университет Катовице, Польша
Сладковская О.П.,
Национальная металлургическая академия Украины, Днепропетровск

Известно, что железнодорожный транспорт является одним из наиболее экономичных видов промышленного транспорта. Он широко применяется для открытых разработок карьеров как рудных, так и угольных. В настоящее время существует устойчивая тенденция увеличения глубины таких карьеров. Следствием этого являются изменения конструкций рельсового транспорта. К их числу относятся увеличение мощности тяговых агрегатов, определенные изменения конструкций, как тяговых агрегатов, так и думпкаров. При этом железнодорожные колеса не претерпели практически никаких изменений. Некоторые подвижки в этом направлении наметились в конце 80-х годов. На ряде ГОКов были внедрены новые конструкции колес ДМетИ, которые показали существенные преимущества перед стандартными колесами. Были также использованы разработки ДМетИ для профилей рабочих поверхностей колес. Однако эти разработки не были использованы повсеместно.

Увеличение глубины карьеров приводит к изменению условий работы железнодорожных колес. Затяжные спуски по кривым с большими уклонами требуют необходимости длительного торможения экипажей. Такие торможения оказывают вредное влияние на состояние рабочих поверхностей колес. Не приходится говорить о том, что условия работы таких колес и без того являются тяжелыми. Наличие большого количества кривых малого радиуса, большие уклоны, значительные осевые нагрузки, запыленность путей абразивной пылью, способствуют существенному увеличению износа колес. При этом особое значение имеет термоупругое напряженное состояние колес. Очевидно, что значительные температуры на поверхности катания колес способствуют увеличению износа рабочих поверхностей. При этом развиваются значительные остаточные напряжения, которые также могут способствовать разрушению колес. Следовательно, для создания новых конструкций как железнодорожных колес для промышленного транспорта, так и новых конструкций экипажей в целом, необходимо проводить расчеты термических напряжений в колесах.

Для проведения таких расчетов необходимо решение нескольких задач. Необходимо решить задачу контактного взаимодействия в паре обод колеса – тормозная колодка, определяя при этом не столько контактные напряжения, а тепловые потоки, которые возникают вследствие фрикционного взаимодействия. Необходимо решить задачу аэродинамического обдува колеса, для того чтобы определить как скорость обдува, так и то, являются ли воздушные потоки ламинарными или турбулентными. Во многом именно от этого зависит теплоотдача с боковых поверхностей колес. Решение этих задач является предварительным для постановки задачи теплопроводности колеса, в результате чего могут быть определены температурные поля для различных режимов и длительностей торможения. И, наконец, решается задача термоупругости, а следовательно могут быть определены поля напряжений в колесах, результаты анализа которых могут способствовать разработке новых конструкций.

В рассматриваемой работе первая задача термоупругого контактного взаимодействия не решалась, но были использованы результаты исследований других авторов. В большинстве случаев тепловые потоки, генерируемые на рабочей поверхности колес, определяются не расчетным, а экспериментальным путем. При этом рассматриваются различные режимы торможения, его длительность, состояние рабочих поверхностей, как колес, так и тормозных колодок (изношены они или нет).

Для второй задачи (аэродинамика воздушных потоков и, соответственно, теплоотдача с боковых поверхностей колес) были проведены как собственные исследования, так и использовались данные из литературных источников. Здесь следует отметить, что в большинстве случаев в литературных источниках решение задачи не приводится, а только указываются результаты. Отметим также, что в некоторых случаях при правильном решении задач конвективного теплообмена, не

учитывается теплоотдача колеса путем теплового излучения нагретых поверхностей, которая может быть также весьма существенной.

Для решения третьей задачи теплопроводности, также как и четвертой термоупругости использовался метод конечных элементов. Задача решалась в осесимметричной постановке, что не исключает возможности ее решения в трехмерной постановке. Такое решение было получено также, когда необходимо было учесть контактные усилия в паре колесо – рельс. При этом задача становилась неосесимметричной. Однако если в анализе необходимо рассмотреть только термические напряжения в колесах, которые среди всех составляющих напряженного состояния наиболее существенны, задача желательнее решать именно в осесимметричной постановке, что позволяет существенно сэкономить время расчетов и использовать более густые сетки конечных элементов. Последнее немаловажно для повышения точности расчетов.

В своей постановке авторы столкнулись с определенной проблемой недостаточности для расчетов данных о материале колесной стали, применяющейся для колес ГОСТ 9036-88, которые в настоящее время используются на промышленном транспорте. Это прежде всего, данные о зависимости механических (модуль упругости, коэффициент Пуассона) и термомеханических (коэффициенты линейного расширения, теплопроводности, теплоемкости, теплоотдачи) характеристик от температуры. Этот недостаток был восполнен характеристиками аналогичной колесной стали R7, которая используется для большинства колес европейского производства.

В результате расчетов были определены поля температур в цельнокатаных колесах для различных режимов торможения, а также соответствующие им поля напряжений. Для наиболее критических режимов торможения были получены распределения пластических напряжений и остаточных деформаций в соответствующих зонах.

УДК 629.42

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПРОФИЛЯ РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ КОЛЕСНЫХ ПАР МАШИН РЕЛЬСОВОГО ТРАНСПОРТА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ И ГОКОВ

Сладковский А.В.,

Силезский технический университет, Катовице, Польша

Хмиленко В.С., Рубан В.Н.,

Национальная металлургическая академия Украины, Днепропетровск

Повышение производительности труда в горнорудной отрасли неразрывно связано с совершенствованием технических средств карьерного транспорта. Среди различных видов транспорта, используемых на железорудных предприятиях, особое место занимает железнодорожный транспорт. Им выполняется 45% общих объемов перевозок. Он является самым экономичным, надежным и бесперебойно работающим в различных климатических условиях.

Современному этапу развития горно-транспортных машин как в нашей стране так и за рубежом, присуща тенденция к увеличению объемов перевозки горной массы рельсовым транспортом, и, в частности, при использовании смешанных схем транспорта: железнодорожно-конвейерном, автомобильно-железнодорожном. Таким образом, рельсовый транспорт открытых горных разработок, являясь связующим звеном между извлечением горной массы и ее переработкой, играет важную роль в общем комплексе добычи полезных ископаемых, а его технико-экономические показатели оказывают существенное влияние на работу всей горно-транспортной системы.

Рельсовый транспорт отрасли имеет свои специфические особенности: наличие большого количества кривых малого радиуса, обычно 100 - 200 м, а минимальных радиусов даже 40 - 60 м; большое количество стрелочных переводов – в среднем на 1 км пути около двух стрелочных переводов; значительные (до 60 ‰) уклоны; большие осевые нагрузки, которые достигают 350 кН и ряд других особенностей. Подвижной состав отрасли также специфичен: это различные думпкары, например, 2BC-105, BC-136, BC-85, 2BC-180 и т.д.; тяговые агрегаты EL-1, EL-2, EL-10, ПЭ2, ПЭ2М, ОПЭ1Б и другие горно-транспортные машины.

Одной из важнейших проблем рельсового транспорта отрасли является повышение долговечности и износостойкости пары колесо-рельс. В сложных физико-механических условиях контактного взаимодействия, при наличии высоких статических и динамических нагрузок, температурного

воздействия и присутствия абразива происходит интенсивный износ рабочих поверхностей колес и бандажей, а также верхнего строения пути, что снижает их долговечность, уменьшает межремонтный срок, приводит к большим экономическим затратам на их восстановление или ремонт. Поэтому эффективность использования горно-транспортных машин в значительной степени определяется затратами на ремонт и техническое обслуживание, а насколько они велики можно судить по тому, что для большинства ГОКов межремонтный срок эксплуатации колес думпкаров составлял 3-6 месяцев. В сложившихся экономических условиях отвлечение значительных средств на ремонт горно-транспортных машин и агрегатов необходимо существенно уменьшить, поэтому проблема снижения интенсивности износа в паре колесо-рельс рудничного транспорта, повышения долговечности ее элементов актуально прежде всего с экономических позиций, особенно с учетом значительно возросших цен на металлопродукцию.

Локомотивные колеса в процессе эксплуатации подвержены интенсивному износу и требуют восстановительного ремонта в условиях депо металлургических предприятий и ГОКов. Большая часть таких колес восстанавливается без выкатки колесных пар. В настоящее время в различных локомотивных депо для восстановления профиля колесных пар без их выкатки из-под локомотива используются колесофрезерные станки КЖ-20 различных модификаций. Намного реже используются колесотокарные станки. В основном это станки фирмы «РАФАМЕТ».

Колесофрезерные станки предназначены для восстановления фасонного профиля поверхности катания бандажей колесных пар подвижного состава железнодорожного транспорта без выкатки из-под локомотива. Колесофрезерный станок КЖ-20 представляет собой конструкцию с единой, подвешиваемой из центра оси колесной пары. Такая конструкция обеспечивает абсолютную concentricity и равенство диаметров колес фрезеруемой колесной пары независимо от квалификации оператора. Устанавливаются внутри траншеи под колесами, оставляя свободным передвижение локомотива над станком. Используют в работе метод скоростного фрезерования одновременно двух бандажей специальными фасонными фрезами. При работе на станке КЖ-20 колесная пара подвешивается из центра оси, благодаря чему обеспечивается соосность обеих колес после обработки. Подача фрез осуществляется перпендикулярно (под углом 90°) к оси колесной пары, избегая боковых усилий и обеспечивая точность выполнения профиля. Станок КЖ-20 обрабатывает рабочие поверхности колесной пары с помощью двух жестко смонтированных фрез, которые не отклоняются при увеличении глубины фрезерования. В результате обеспечивается точность профиля.

Станки такого типа появились в начале 50-х годов в США. В СССР фрезы для подобных станков были разработаны во Всесоюзном научно-исследовательском инструментальном институте. Европейские страны используют колесотокарные станки, а в США колесофрезерные станки. Фирма «Simmons-Stanray» в качестве преимуществ фрезерования указывает, что фрезерование имеет лучшие характеристики динамики резания, у фрез этой фирмы применяется от 115 до 185 режущих кромок. Для сравнения: при точении – одна режущая кромка. При фрезеровании локомотивное колесо лишь вращается, в то время как для точения за счет вращения колеса обеспечивается резание.

Обработка колесных пар на колесофрезерных станках осуществляется при помощи фасонных фрез. Режущими элементами фрез являются твердосплавные чашечные пластины. По конструкции левая и правая фреза аналогичны. Лучшие технические решения, заложенные в конструкцию фрезы были использованы при проектировании новых локомотивных фрез ДМетИ. Значительно упрощает процесс проектирования пакет вычислительных программ для расчета локомотивных фрез к станкам типа КЖ-20. Основным недостатком обработки колесных пар при помощи фасонных фрез, разработанных ранее, заключается в сравнительно малой чистоте обработки рабочих поверхностей катания.

В результате научно-исследовательской и опытно-конструкторской работы разработана фасонная фреза разборной конструкции. Новая конструкция фасонной фрезы отвечает всем техническим, технологическим и эксплуатационным требованиям. Увеличено число ножей и соответственно число режущих чашечных пластин. Благодаря конструкторским решениям масса конструкции не превышает 100 кг. При увеличении диаметра фрезы повышается скорость резания, уменьшается время обработки колесной пары. Соответственно повышается производительность восстановления профилей колес в процессе ремонта.

При проектировании ножей важно, чтобы чашки на всех ножах располагались равномерно, обеспечивая взаимное перекрытие и чистоту обработки профиля поверхности колеса. В соответствии с Инструкцией по формированию и содержанию колесных пар ТПС пункт 6.10.12 необходимо, чтобы чистота обработанной поверхности колесной пары соответствовала $R_z 80$. Допуск на биение последовательно работающих резцов составляет 0,05 мм.

Чистота обработанной поверхности колесной пары, после обработки улучшенной фасонной фрезой, по сравнению с Инструкцией по формированию и содержанию колесных пар ТПС увеличивается в 1,5 раза. После обработки поверхности колесной пары можно проводить мероприятия по лазерному упрочнению поверхности катания. Облегчается обслуживание конструкции, в процессе ремонта фасонной фрезы. Метод фрезерования является более приемлемой технологией для восстановления профиля колесных пар локомотивов магистрального и промышленного транспорта, не требует больших технологических и эксплуатационных затрат.

УДК 625.12

ТЕСТОВАЯ МОДЕЛЬ ПРОХОЖДЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО КОЛЕСА С ПОДРЕССОРЕННОЙ МАССОЙ НЕРОВНОСТИ ПУТИ

Сладковский А.В.,

Силезский технический университет, Катовице, Польша

Гондарь И.Н., Сладковская О.П.,

Национальная металлургическая академия Украины, Днепропетровск

Одной из наиболее сложных задач при проектировании железнодорожного транспорта является расчет динамических нагрузок, действующих на ходовую часть подвижного состава. Динамические расчеты позволяют подобрать необходимые параметры жесткости пружин рессорного подвешивания: коэффициенты сухого трения или вязкостного сопротивления демпферов, показатели устойчивости движения железнодорожного состава по пути с конкретными нормами неровностей и т.д., что в свою очередь позволяет уменьшить динамические нагрузки, действующие на ходовую часть подвижного состава, повышение безопасности эксплуатации, скорости движения и полезной нагрузки. Точный расчет динамических нагрузок позволяет более точно рассчитывать на прочность и долговечность ходовую часть подвижного состава: подшипниковые буксы, элементы демпфирования, тормозную систему и т.д.

Для расчетов динамических нагрузок, действующих на ходовую часть железнодорожного транспорта, составляются системы дифференциальных уравнений различной сложности, в зависимости от числа степеней свободы и числа координат, используемых при составлении дифференциального уравнения. Для получения точных данных о динамических нагрузках, действующих на экипаж, необходимо учитывать все связи, через которые передаются усилия на экипаж. Необходимо также учитывать внешние воздействия на экипаж, а именно нагрузку, передаваемую через автосцепы, силы инерции левых и правых колес, вызванные их движением по неровным рельсам, силы собственных колебаний экипажа, центробежные силы, некоторую аэродинамическую нагрузку, вызванную геометрией экипажа, движущегося на большой скорости, не постоянство жесткости пути и т.д. Очевидно, что составленная по такому принципу система дифференциальных уравнений будет с трудом поддаваться аналитическому решению, и чаще всего это будет не возможно. Приближенные методы решения систем дифференциальных уравнений позволяют получить численное решение. Однако при этом анализ влияния тех или иных параметров экипажа на характер динамических нагрузок, действующих на экипаж, сложнее, чем при аналитическом решении, так как при последнем мы можем условно разбивать полученную функцию на составляющие, зависящие от тех или иных параметров экипажа, что существенно упрощает анализ, а при приближенных методах решения это сделать зачастую невозможно.

При полной постановке задачи приближенное решение систем дифференциальных уравнений целесообразно выполнять, используя ЭВМ, так как при многократных алгебраических действиях легко допустить ошибку и сами вычисления получаются достаточно громоздкими. В настоящее время во всем мире для решения задач динамики широко используется целый ряд прикладных программ, которые позволяют получать динамические нагрузки, действующие в механической

системе практически не прибегая к составлению и решению систем дифференциальных уравнений. Т.е. составление таких систем является внутренней процедурой самих пакетов программ. При этом довольно сложно оценить правильность решения, корректность постановки задачи, точность, так как данные программы позволяют описывать весьма сложные механические системы, классическое решение которых, даже приближенными методами представляет значительную сложность. Однако при этом пользователь может допустить техническую ошибку при составлении модели задачи, которая может коренным образом изменить результаты решения.

Возможно проверить точность решения динамических задач для каждой из программ, решая простые тестовые задачи, для которых можно найти аналитические решения, по сути аналогичные тем задачам, которые будут решаться в дальнейшем. Используя ряд различных пакетов прикладных программ можно, также сравнивать их точность, быстродействие, удобство составления математической модели и т.д.

В данной работе сделана попытка сравнения программ WorkingModel 2D v4.0 и Adams v11.0. Для сравнения решалась простая для решения, но практически важная задача о движении подрессоренной массы по неровному пути. Данная задача была решена аналитически для различных видов неровностей. Построены графики перемещения подрессоренной массы, сил действующих на нее со стороны пружин и демпферов. Аналитическое решение было запрограммировано в виде достаточно простой программы на алгоритмическом языке Quick Basic. Выполнялась также проверка решений при помощи ППП MathCAD 2001 pro. Была составлена полностью адекватная механическая система в обоих пакетах прикладных программ. Было произведено сравнение графиков и оценена точность расчетов.

УДК 622.271.3; 621.879.48

СНИЖЕНИЕ ДИНАМИКИ ЭКСКАВАЦИОННОЙ МАШИНЫ НА ОСНОВЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЕЁ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА (НА ПРИМЕРЕ КАРЬЕРНОГО РОТОРНОГО ЭКСКАВАТОРА)

Сургай Н.С., Толстой М.Н.,
УкрНИИпроект, Киев

Бурное развитие средств вычислительной техники вызвало к жизни принципиально новые научные подходы к практическому решению сложнейших проблем во всех сферах исследования природы и жизнедеятельности человека.

Одним из наиболее универсальных и результативных в этом ряду является метод прогнозирования поведения исследуемой системы в любых заданных условиях на основе имитационного моделирования. Рассмотрим применение данного метода для моделирования рабочего процесса экскавационной машины или, для определенности и конкретности, карьерного роторного экскаватора (КРЭ).

Рабочий процесс КРЭ является сложным стохастическим процессом, на формирование которого оказывает влияние несколько десятков факторов. Все они могут быть условно разделены на три основные группы:

конструктивные параметры машины, фактические значения которых зависят от точности изготовления и установки, и, например, для рабочего органа, от степени износа и деформации каждого режущего элемента;

параметры режима экскавации, реальные значения которых определяются точностью срабатывания различного рода задатчиков в системе управления экскаватора и реакцией машиниста при выполнении рабочих операций;

физико-механические свойства и состояние разрабатываемой породы.

Очевидно, что все они носят ярко выраженный стохастический характер.

Именно большое число факторов и вероятностный характер изменения большинства из них предопределяют целесообразность применения метода имитационного моделирования для воспроизведения рабочего процесса в любых заданных условиях, для прогнозирования, в нашем случае, входной нагрузки на рабочем органе КРЭ в функции времени.

Располагая же временными нагрузочными диаграммами, можно решать задачу снижения динамики КРЭ различными методами, в зависимости от того, на какой стадии создания, совершенствования или эксплуатации машины они ставятся. Например:

1. Прямое использование временных нагрузочных диаграмм в качестве входного воздействия при проведении динамического расчёта КРЭ по разработанной в УкрНИИпроекте методике, представляющей собой синтез импульсной теории, метода конечного элемента и учёта обратной связи системы экскаватор-забой.

2. Отыскание параметров, обеспечивающих минимум динамики системы (минимум суммарной дисперсии выходного процесса в основных колебательных системах КРЭ, амплитудо-фазово-частотными (АФЧХ) характеристиками которых мы располагаем) при обеспечении заданной производительности. Приведен конкретный пример такого расчёта для ЭРП-1250, работающего на разрезе типа Экибастузского. В качестве основных конструктивных узлов были выбраны ротор, масса противовеса и разгрузочная стрела. Для отыскания оптимальных значений варьируемых параметров использовался метод случайного поиска, как наиболее приспособленный для взаимодействия с методом имитационного моделирования близкий ему по духу, легко преодолевающий непреодолимые для классических методов трудности и не предъявляющий в отличие от них жёстких требований к воспроизводимому процессу и функции цели.

3. В случае, если машина только проектируется, и для неё лишь ориентировочно известна зона частот собственных колебаний конструкции, задача сводится к минимизации энергии входного процесса, приходящейся на заданный диапазон частот.

4. Когда об АФЧХ машины данные отсутствуют, в качестве критерия оптимизации принимается коэффициент динамичности или вариация процесса входного нагружения.

УДК 622.271.4:621.879.44

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЙ ПОДХОД К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ НА ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТАХ

Сургай Н.С., Кулиш В.А., Карпенко А.В.,
УкрНИИпроект, Киев

Открытый способ добычи полезных ископаемых является на данный момент самым эффективным, обеспечивая наиболее высокие экономические показатели горных предприятий. Не случайно его доля в общем объеме добычи углей в России достигла 64 % и продолжает расти. Многие полезные ископаемые в развитых странах, как, например, бурый уголь в Германии, Австралии, Польше, Канаде, Греции и Индии, добываются исключительно этим способом. В зависимости от вида полезного ископаемого и технического уровня оборудования, применяемого для его извлечения, открытый способ добычи может оставаться эффективным при глубине ведения горных работ до 500 м.

Мощное экскавационное и горнотранспортное оборудование непрерывного действия на настоящем уровне развития техники обеспечивает наивысшую производительность при наименьших энергетических затратах на добычу. Однако и здесь имеется еще немало резервов для снижения энергоёмкости процессов.

В данной статье приведены результаты работ по снижению энергоёмкости процесса копания горных пород цепным экскаватором ЕРс – 1120, который используется на вскрышных работах на буроугольном разрезе “Константиновский” ГХК “Александрияуголь”. Эта мощная экскавационная машина с максимальной производительностью до 5080 м³/ч, высотой копания – 22 – 24 м и глубиной копания – 17,5 – 22 м, массой 2300 т и суммарной установленной мощностью двигателей 2880 кВт имеет мощность привода ковшовой цепи 1420 кВт.

Экспериментальные исследования энергетических параметров экскаватора в их взаимосвязи с реализуемой производительностью и нагруженностью несущих металлоконструкций, позволили установить факт существования оптимальных уровня реализуемых производительности, соотношения параметров срезаемых стружек (толщины и ширины) при работе верхним и нижним (рис.1) копанием, а также положений звеньев ковшовой рамы в забое. При их реализации обеспечивается

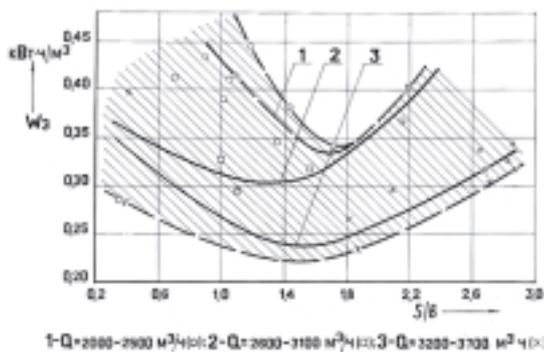


Рис.1 Зависимость энергоемкости процесса экскавации W_z от соотношения параметров срезаемой стружки S/b (нижнее копание)

отработки при работе экскаватора верхним и нижним копаньем. Для реализации рациональных режимов экскавации разработаны номограммы.

Наш опыт работ с мощной экскавационной техникой позволяет реализовать подобный подход и на других машинах, например, вскрышных роторных экскаваторах горно-обогатительных комбинатов, на вновь создаваемых машинах.

ОСОБЕННОСТИ ДВИЖЕНИЯ МАТЕРИАЛА В ВИБРАЦИОННОЙ СУШИЛЬНОЙ УСТАНОВКЕ

Федоскин В.А., Плахотник В.В., Хаддад Д.С.,
Национальный горный университет, Днепропетровск

В технологической линии производства мела важное место занимает операция сушки. Достаточно эффективно для этих целей может быть применена вибрационная сушильная установка, где мел перемещается под действием направленного вибрационного возмущения по решетчатой поверхности, через отверстия в которой продувается горячий воздух. Это обеспечивает непрерывное разрыхление и продувку материала, что интенсифицирует его сушку.

Форма движения материала по решетчатой поверхности зависит как от размеров куска, так и от конструктивных параметров решетки. При транспортировании кусков, размер которых превышает расстояние между гребешками решетки, сушка их осуществляется в основном за счет обдува материала потоком горячего воздуха. Транспортировка кусков мела, крупность которых меньше расстояния между гребешками характеризуется перемещением их по нагретой плоскости решетки и обдувом потоком горячего воздуха, что значительно повышает эффективность сушки.

Наличие в вибросушильной установке воздушного потока позволяет увеличить скорость движения материала без изменения виброхарактеристики конвейера. Кроме того, скорость воздушного потока определяет минимальный размер частиц, транспортируемых по решетке.

Поступающий на конвейер после дробилки материал, имеющий широкий диапазон классов крупности, в процессе транспортирования расслаивается. Крупные куски перемещаются по гребешкам решетки и перекрывают движение материалу, движущемуся по наклонной плоскости. Мелкие частицы потоком воздуха выносятся в циклоны, не пройдя цикл сушки и дополнительно нагружая тракты пневмосистемы.

Физическая картина движения материала в вибросушильной установке показывает, что для ее эффективной работы необходимо предварительное грохочение с выделением граничных классов транспортируемого материала. Кроме того, крупность материала должна учитываться при выборе геометрических параметров профиля транспортирующей поверхности конвейера.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ВЯЗКО-УПРУГОГО ПОВЕДЕНИЯ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ГАРМОНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ ПЛАСТИНЫ

Франчук В.П., Анциферов А.В., Егурнов А.И.,
Национальный горный университет, Днепропетровск

Наблюдение за процессом грохочения влажных материалов на мелкоячеистых резиновых ситах поставило задачу уточнения поведения прямоугольных пластин, совершающих гармонические колебания. Вызвано это двумя обстоятельствами: 1) имеет место предварительное натяжение пластины в направлении одной из осей симметрии; 2) использование в качестве конструкционного материала резины, обладающей упруго-вязко-наследственными свойствами. При решении задачи предполагается, что сито, имеющее ребра жесткости, заменяется пластиной эквивалентной толщины. Далее рассматриваются гармонические колебания пластины при конечных прогибах. Граничные условия соответствуют жесткому опиранию по контуру. Симметричные формы прогиба аппроксимируются одним членом ряда по синусам, после чего точно интегрируется уравнение совместности деформаций. Уравнение движения в первом приближении по пространственным и временной координатам решается методом Бубнова – Галеркина. Рассматриваются свободные и вынужденные упругие колебания. Для учета упругих несовершенств материала используется модель неоднородного упруго-вязко-пластического тела. В этом случае учет неупругих сопротивлений даже простейшими функциональными зависимостями для нелинейных систем приводит к увеличению громоздкости аналитических выкладок. Кроме того традиционно используемые зависимости, вытекающие из теории Фойгта не всегда обеспечивают достаточно хорошее приближение к экспериментально полученным результатам. Рассматривая гармонические колебания пластины будем предполагать преобладающим влияние внутреннего трения. Поэтому для его учета можно взять модель неоднородного упруго-пластического материала Сорокина Е.А. Согласно этой теории в описание закона деформации материала вводится комплексный модуль упругости. Таким образом учитывается, что неупругая циклическая деформация отстает от упругой на угол $\pi/2$ и в конечном виде имеем отставание циклической деформации от циклического напряжения на угол α . По теории авторов комплексную часть модуля упругости можно представить действительной частью в виде суммы двух констант, одна из которых прямо пропорциональна производной по времени от принятой функции изменения стрелы прогиба и обратно пропорциональна частоте колебаний. Далее в обоих случаях используется принцип Вольтерра, согласно которому в дифференциальное уравнение чисто упругого решения подставляется соответствующий модуль упругости. Решение дифференциального уравнения после такой подстановки будет определять величину амплитуды колебаний массы с учетом неупругих сопротивлений и величину фазного угла между возмущающим усилием и перемещением. Приведен численный пример. Построены скелетные кривые собственных частот пластины и амплитудно-частотные характеристики исследуемой системы для различных значений продольного растягивающего усилия.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КОНСТРУКЦИЙ РЕЗИНОВЫХ ФУТЕРОВОК РУДОРАЗМОЛЬНЫХ МЕЛЬНИЦ

Чижик Е.Ф., Дырда В.И., Чижик Е.Е., Мельников О.К.,
ИГТМ НАН Украины, ООО НПП «Полимет», Днепропетровск

Рассматриваются особенности процесса измельчения различных руд (в основном железо- и алмазосодержащих) в современных барабанных мельницах типов ММС, МШР, МШЦ с резиновой футеровкой. На основе тридцатилетнего опыта эксплуатации и с учетом эмпирически обобщенной информации ведущих фирм («Сведала», «Полимет» и др.) сформулирована концепция развития конструирования мельниц с резиновой футеровкой. На основе этой концепции разработана синергетическая модель футеровки; это дало возможность создать расчетные методы, позволяющие с учетом конструкционных и технологических параметров мельниц и футеровки, а также с учетом

комплексных (реологических, теплофизических, усталостных, износостойких и других) факторов резины прогнозировать долговечность футеровки и на стадии проектирования вносить соответствующие изменения в конструкции футеровок и в технологию их изготовления.

Построена интегральная модель разрушения футеровки. Разрушение рассматривается как многовекторный процесс: с одной стороны как эволюционный процесс изменения структуры материала на всем протяжении существования системы; с другой – как массоперенос материала за счет износа. Для определения эффективных (усредненных по некоторому объему системы) характеристик материала в зависимости от изменяющейся во времени концентрации включений или поврежденности любого характера используется метод Валпола.

Рассматриваются процессы, возникающие в наполненных резинах вследствие эффектов тиксотропии при периодических ударных нагрузках. Исследуются эффекты физической нелинейности и роль диссипации энергии в процессе деформирования и разрушения защитных футеровок.

Представлена методика расчета долговечности резиновых футеровок. Обсуждаются результаты многолетнего опыта конструирования и эксплуатации резиновых футеровок и представлены их оригинальные конструкции, используемые в современных рудоизмельчительных мельницах.

УДК 539.3:536.24

РАЗОГРЕВ СОСТАВНОГО СТЕРЖНЯ ПРИ ВЫСОКОЧАСТОТНОМ НАГРУЖЕНИИ

Веселовский В.Б., Клим В.Ю., Сяев А.В.,
Днепропетровский государственный университет, Днепропетровск

Для многих современных образцов техники характерны конструкции, работающие в условиях интенсивных тепловых и силовых воздействий. Определение усталостной долговечности элементов конструкций требует совместного рассмотрения задач теории теплопроводности, термоупругости и механики разрушения, так как высокие частоты нагружения могут стать причиной разрушения элементов конструкций вследствие нагрева от вибраций. Это является основной причиной необходимости учета нагрева проектируемых элементов конструкций при прогнозировании их усталостной долговечности.

Рассмотрена задача нестационарной теплопроводности в унифицированном виде для последовательно–составного (ступенчатого) стержня, подвергающегося циклическому нагружению и состоящего из трех участков. На стыках составных частей стержня осуществляется идеальный тепловой контакт, т. е. достигается равенство температур и тепловых потоков (граничные условия четвертого рода). Теплообменом между окружающей средой и торцевыми поверхностями утолщенных частей стержня (в месте стыка) пренебрегаем. Для каждой части последовательно–составного (ступенчатого) стержня приняты свои (конкретные) начальные распределения температуры и внутренние источники энергии, которые определяются условиями циклического нагружения, механическими и теплофизическими характеристиками материала частей исследуемого стержня. Для решения данной задачи используется метод последовательных интервалов. От интервала к интервалу ступенчатым образом изменяются теплофизические характеристики, приведенный коэффициент теплообмена. Функции, зависящие от времени и координаты на каждом интервале, принимают конкретный вид из класса аналитических функций.

Полученное решение позволяет определить температурное поле последовательно–составных (ступенчатых) стержней (без учета зависимостей теплофизических характеристик материала и внутренних источников энергии от температуры) в зависимости от различных условий теплообмена с окружающей средой, вида интенсивности внутренних источников энергии и неравномерного начального распределения температуры стержня по ее длине.

В качестве примера рассмотрен циклический чистый изгиб ступенчатого стержня прямоугольного поперечного сечения с циклическим нагружением. Приведены зависимости температуры в центре ступенчатого стержня от числа циклов нагружения и от амплитуды напряжения.

Использование этого метода позволит прогнозировать долговечность элементов, определить области быстрого и медленного изменения температуры в опасном месте исследуемого элемента. Отыскание границы, разделяющей эти области, даст возможность увеличить долговечность элемента за счет рационального выбора его материала, геометрических размеров и форм. Кроме того,

расчет собственных частот и форм колебаний, определение температурного поля стержня сложной конфигурации могут быть полезными при разработке резонансных высокочастотных колебательных систем, обеспечении необходимых оптимальных условий эксплуатации, исключающих разогрев при циклическом нагружении.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВИБРАЦИИ И РАЗРАБОТКА СРЕДСТВ ВИБРОЗАЩИТЫ ОБОРУДОВАНИЯ КАРЬЕРНЫХ ЭКСКАВАТОРОВ

Громадский А.С., Криворожский технический университет, Кривой Рог

В Криворожском техническом университете (ранее КГРИ) проведены детальные исследования вибрации карьерных экскаваторов. Впервые получены данные о количественной оценке влияния горнотехнических условий работы экскаватора на энергетику вибрационных и виброударных процессов колебаний поворотной платформы экскаватора. Мощность процесса колебаний и его спектральное содержание при работе экскаватора в забоях со среднеэвзвешанным диаметром кусковатости $100 \text{ мм} < d_{cp} < 1200 \text{ мм}$ и коэффициентами разрыхления породы $1,05 < k_p < 1,6$, формируется в основном виброударными взаимодействиями ковш – порода. При этом количество ударных импульсов и их величина по виброускорению, а также интегральная спектральная функция мощности вибрации линейно возрастают с увеличением кусковатости и экспоненциально уменьшаются с увеличением коэффициента разрыхления породы. Установлены новые зависимости для расчетов интегральной спектральной мощности виброускорения $I(\Delta f)$ платформы для $\Delta f = 0,2-140 \text{ Гц}$.

$$I_{x,y,z}(\Delta f) = \left[(L_{x,y,z} \cdot e^{-4,37k_p}) - 0,1(1,3 - k_p) \right] \cdot M_{x,y,z} \cdot d_{cp} + N_{x,y,z}, \text{ (м}^2/\text{с}^4\text{Гц)},$$

где $L_x = 14,7$; $L_y = 8,4$; $L_z = 18,5$; $M_x = 0,00147$; $M_y = 0,001$; $M_z = 0,00157$; $N_x = 0,015$; $N_y = 0,005$; $N_z = 0,012$ – эмпирические коэффициенты; x, y, z – пространственные координаты.

Под воздействием вибрации и ударов чаще всего выходит из строя на карьерных экскаваторах элементы шкафов управления машиной (реле, пускатели, блокировки, контакты разъединителей, электронные схемы), силовой трансформатор, осветители кузова и прожекторы. Имеющиеся стандарты в части воздействия виброударных нагрузок на электрооборудование ГОСТ 17516-72 и ГОСТ 16692-71 противоречат друг другу, первый – не допускает ни каких ударных воздействий, а по второму – даже в самых тяжелых горнотехнических условиях работы карьерного экскаватора, зарегистрированные интенсивные виброударные воздействия, не превышают допустимых величин. Максимальные ускорения, действующие на "вибросенситивное" электрооборудование, превышают как абсолютные величины, предельно допустимые по ГОСТ 17516-72, в 1,4 раза, так и верхний предел частоты вибровозбуждения (35 Гц) – в 7 раз. При этом данный ГОСТ регламентирует вибровозбуждения с фиксированными частотами и не учитывает особенности широкополосного частотного воздействия случайной вибрации карьерного экскаватора, имеющей сплошной спектр.

Установлено, что распределение наработок на отказ вибро"чувствительного" электрооборудования подчиняется экспоненциальному закону. Основная причина выходов из строя вибро"чувствительного" электрооборудования – "поток" энергии колебаний, передаваемый от поворотной платформы, величина которой адекватна интегральной спектральной функции мощности виброускорения $I(\Delta f)$, при этом в диапазоне частот максимальной энергии $\Delta f = 0,2-140 \text{ Гц}$ с уменьшением мощности вибрации $I_2(\Delta f) < I_1(\Delta f)$, среднее время наработки на отказ T_2 увеличивается по сравнению с T_1 пропорционально корню квадратному из отношения спектральных функций – большей к меньшей, а параметр интенсивности потока отказов λ_2 уменьшается и равен частному от деления λ_1 на корень квадратный из отношения $I_1(\Delta f)/I_2(\Delta f)$, т.е.

$$T_2 = T_1 \sqrt{\frac{I_1(\Delta f)}{I_2(\Delta f)}}, \quad \lambda_2 = \frac{\lambda_1}{\sqrt{I_1(\Delta f)/I_2(\Delta f)}}$$

Впервые выполнено динамическое моделирование колебаний основных элементов конструкции экскаватора, определяющих спектр вибрации машины. В результате теоретических исследований предложенной модели впервые получены данные о влиянии параметров расположения и загрузки

рабочего оборудования на спектральные характеристики вибрации поворотной платформы экскаватора. Установлено, что инфрачастоты спектра вибрации поворотной платформы экскаватора по осям x и z формируются под действием усилий копания. В диапазоне с $f_{cp} = 1-2$ Гц возбуждаются резонансные колебания суммарной массы платформы на упругодемпфирующем основании породы, на которую опирается машина. На частоте $f_{cp} = 3,2$ Гц – резонансные колебания рукояти с ковшом на упругодемпфирующих связях канатов механизма подъема. На частоте $f_{cp} = 6$ Гц – резонансные колебания рукояти с ковшом на упругодемпфирующих связях канатов механизма напора. На частоте $f_{cp} = 12$ Гц – резонансные колебания верхней секции стрелы на упругодемпфирующих связях канатов подвески стрелы и подъемного механизма.

Для эффективного гашения вибрации карьерного экскаватора предложены новые кольцевые резинокордовые виброизоляторы КРКВ. Эти виброизоляторы обеспечивают плавно изменяющуюся фазочастотную характеристику системы виброизоляции с углами фазового сдвига от 15^0 до 150^0 в диапазоне частотного отношения $f / f_0 = \gamma$ от 0 до 2,0 и значениях коэффициента потерь $\nu=0,26\div 0,45$. Их коэффициенты динамической жесткости по осям x, y, z имеют нелинейность, пропорциональную относительному смещению (объект – основание) - $u^{-0,2}$. Для условий вибрации карьерного экскаватора нелинейность улучшает динамические характеристики системы виброизоляции. Абсолютный коэффициент вибропередачи резонансного пика уменьшится на 5-15 % , а частота собственных колебаний - на 3-10 %. При этом в зарезонансном диапазоне частот $\gamma > 2$ эффективность виброзащитной системы с КРКВ имеет практически максимальное значение $\approx 100\%$, как для случая нулевой диссипации энергии колебаний материале виброизолятора.

Результаты исследований получили практическое применение при создании методов расчета и выбора параметров колебаний экскаваторов и выбора и расчета параметров виброзащитных систем. Разработанные методы использованы ПО «Ижорский завод» при проектировании и создании серии унифицированных экскаваторов ЭКГ-5у, ЭКГ-8уе, ЭКГ-10, а также тяжелых машин ЭКГ-15, ЭКГ-16ус, ЭКГ-20. В результате разработаны новые эффективные средства виброзащиты электрооборудования [1,5,6,7], использованные в промышленном производстве экскаваторов ЭКГ-8И, ЭКГ-10, ЭКГ-15, ЭКГ-20 на «Ижорский завод».

Методики расчета и выбора параметров виброизоляции рабочего места машиниста использованы Межотраслевым научно-производственным объединением «Виброимпульс» при создании виброзащитного кресла-пульта, в подвеске которого применен функциональный аналог КРКВ [1]. Опытная партия кресел-пультов ВК-1, ВК-2, ВК-3, ВК-4 в количестве 12 шт. выпущена МНПО «Виброимпульс» в 1990-1992 гг. для ГОКов Кривбасса. Кресла-пульта, установленные на экскаваторы, продолжают работать в настоящее время, продемонстрировав за 10 -12 лет высокую работоспособность и надежность виброзащитной системы, эффективность виброгашения и эргономические достоинства.

УДК 621.002.5

ОПТИМИЗАЦИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ИМПУЛЬСА В НЕЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМАХ С КУСОЧНО-ЛИНЕЙНЫМИ УПРУГИМИ СВЯЗЯМИ

Ленда В.А., Институт геотехнической механики НАН Украины, Днепропетровск

Повышение эффективности вибрационных технологий переработки минерального сырья требует создания технических средств, обеспечивающих возможность простого регулирования реализуемых динамических параметров нагружения технологических сред.

Одним из направлений в этой области является использование околорезонансных дебалансных приводов с существенно нелинейными упругими связями, позволяющих в широких пределах регулировать кинематические и динамические параметры реализуемых колебаний при высокой устойчивости околорезонансных режимов. При этом обеспечивается комбинированный режим динамического нагружения технологических сред, сочетающий низкочастотное воздействие, определяемое параметрами используемого дебалансного привода и высокочастотное, генерируемое реализуемыми в системе параметрическими импульсами.

Для оценки влияния значений конструктивных параметров нелинейного привода на характеристики реализуемого параметрического импульса были рассмотрены особенности динамики сис-

темы, связанные с изменением величины отстройки линейной системы от резонанса, коэффициента нелинейности упругих связей γ величины зазора. На основе использования численных методов со специальной процедурой изменения величины шага интегрирования были получены зависимости параметров генерируемого параметрического импульса от значений конструктивных параметров привода. Установлены области существования устойчивых режимов, обеспечивающих реализацию режимов с кратностью следования импульсов равной единице.

Полученные зависимости дают возможность оптимизировать параметры реализуемого комбинированного режима динамического нагружения, обеспечивая независимое изменение силовых и энергетических параметров воздействия. Данные результаты позволяли обосновать основные принципы управления колебательными системами с кусочно-линейными упругими связями, обеспечивающие оптимальные динамические режимы как в области низких частот, так и высокочастотной области спектра за счет оптимизации околорезонансных режимов колебаний существенно нелинейных систем и характеристик реализуемых параметрических импульсов.

УДК 621.52

ДИНАМІКА ПІДЙМАННЯ ЖОРСТКОЇ ВИСОКОЇ СПОРУДИ

Малашенко В.О., Сороківський О.І., Куновський Г.П., Малашенко В.В.,
Національний університет "Львівська політехніка", Львов

Щоглові споруди гірничо-металургійного комплексу, такі як опори канатних доріг, ліній електропередач тощо доцільно монтувати на землі з наступним їх підйманням до робочого вертикального стану. У таких випадках повністю зібрана металоконструкція підвішується до з'єднувальних канатів, що закріплюються до оголовка стріли або портала, і повертається навколо шарніра, який монтується на спільному фундаменті або рамі. Для здійснення цього процесу застосовуються підймальні механізми, що включають в себе портал або підйомну стрілу, з'єднувальні канати та поліспасти. Приводом подібних механізмів можуть бути електродвигуни, дизельні двигуни та безпосередньо тракторна тяга. Підймальний механізм разом з високою спорудою належить до пружних систем, що схильні до виникнення в них коливних явищ, особливо на початку руху останньої веденої ланки.

Таблиця 1 Геометричні параметри підймального механізму

№ пп	Назва параметру	Одиниця вимірювань	Значення параметру
1	Висота підйомної стріли	м	15,18
2	Відстань від осі споруди до шарніра стріли	м	0,925
3	Віддалення нижнього блока поліспасти від шарніра споруди	м	2,4

з'єднувальних канатів, що закріплюються до оголовка стріли або портала, і повертається навколо шарніра, який монтується на спільному фундаменті або рамі. Для здійснення цього процесу застосовуються підймальні механізми, що включають в себе портал або підйомну стрілу, з'єднувальні канати та поліспасти. Приводом подібних механізмів можуть бути електродвигуни, дизельні двигуни та безпосередньо тракторна тяга. Підймальний механізм разом з високою спорудою належить до пружних систем, що схильні до виникнення в них коливних явищ, особливо на початку руху останньої веденої ланки.

Під час підймання або опускання таких споруд точки закріплення канатів до цих конструкцій рухаються по різних траєкторіях, що призводить до зміни кутів нахилу з'єднувальних канатів і осі поліспасти до осей споруди, що підіймається, та стріли. Така особливість кінематичної схеми підймального механізму часто негативно впливає на динамічні явища процесу спорудження високих конструкцій. Тому виникає необхідність установити закони зміни кутів нахилу канатів у функції

кута повороту високої конструкції на протязі всього періоду підймання. Ця задача авторами розв'язана аналітично з виведенням відповідних залежностей, кількісний аналіз яких уможливив

побудову відповідних графіків $\gamma_i = f(\varphi)$, де $i = 1, 2, 3$; γ_i – кути нахилу канатів; φ – кут повороту споруди, що піднімається.

Початкові значення цих кутів залежать очевидно не тільки від довжин ланок механізму, а і від взаємного розміщення шарнірів, навколо яких обертаються рухомі металлоконструкції. В дослідженнях розглянуто найбільш поширений випадок, коли опора стріли розташована нижче опори високої споруди.

Для визначення ступеня впливу кутів нахилу канатів на амплітудно-частотну характеристику підйимального механізму, реальна його конструкція зведена до трьох масової розрахункової схеми, математична модель руху мас якої включає в себе звичайне диференціальне рівняння другого ступеня зі змінними коефіцієнтами. Розв’язок цієї системи рівнянь дозволив отримати величини переміщень і частот коливань жорсткої споруди, яка піднімається, та підвішена до стріли або портала з допомогою з’єднувальних канатів.

Кількісний аналіз залежності частот коливань жорсткої високої споруди від кінематичних кутів проведено чисельним методом для таких параметрів системи: маса споруди – 58,8 кН; висота стріли – 14 м. На ведучу масу діє рушійний момент – 45,6 кН·м; відстань від центру маси до її рухомого шарніру – 33,4 м.

Отримані результати дають можливість підібрати більш раціональну кінематичну схему підйимального механізму та одержати плавний процес спорудження високих конструкцій, що повністю монтується на землі. Установлено, що величини кутів нахилу канатів до жорстких конструкцій дорівнюють: $\gamma_1 = 38...48^\circ$; $\gamma_2 = 24...32^\circ$; $\gamma_3 = 56...65^\circ$.

О РАСЧЕТЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ИЗМЕНЕНИЯ УДЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОШКОВ ПРИ ИЗМЕЛЬЧЕНИИ НА ВИБРАЦИОННЫХ МЕЛЬНИЦАХ

Орлова Н.Д., Овчинников П.Ф.,
Одесская государственная морская академия, Одесса

Измельчение металлических отходов является одним из эффективных технологических процессов получения порошков, используемых в порошковой металлургии. Одним из подтвержденных практикой методом получения тонко измельченных порошков является вибрационное измельчение на переменной амплитуде и частоте.

Режим работы вибрационных мельниц типа ВУПП-200 определяется различными параметрами (критическим ударным импульсом, частотой вращения вала вибровозбудителя, амплитудой колебаний, угловым ускорением, массой загрузки, размером (набором) мелющих тел), правильных подбор которых позволяет осуществлять различные технологические процессы на одних и тех же вибрационных машинах. Теоретически установлено, что на выбор параметров измельчения оказывают существенное влияние физические свойства измельчаемого материала.

Рассматривается задача определения неизвестных параметров дифференциальных уравнений, описывающих зависимость удельной поверхности от времени $S(t)$, по известным экспериментальным данным. Согласно [1,2] изменение удельной поверхности $S(t)$ для металлических порошков, описывается одним из следующих дифференциальных уравнений

$$\frac{dS}{dt} = \left(\frac{\lambda}{3} - \beta t \right) S(t) \quad (1) \quad ; \quad \frac{dS}{dt} = -kS(t) \left(p + (1-p) \frac{S_0}{S(t)} \right) \quad (2); \quad \frac{dS}{dt} = -\frac{1}{3} (\lambda(1 - \beta t) - \mu) S(t) \quad (3)$$

$$\frac{dS}{dt} = (a_0 + a_1 t + a_2 t^2) (b_0 + b_1 S(t) + b_2 S^2(t)) \quad (4)$$

где $\lambda, \beta, k, p, \mu, a_0, a_1, a_2, b_0, b_1, b_2$ неизвестные параметры, зависящие от физических, химических и механических свойств измельченного металлического порошка и способа измельчения.

Требуется найти значения этих параметров, если известны экспериментальные данные зависимости удельной поверхности от времени, полученные существующими экспресс методами её определения. Для вычисления неизвестных параметров дифференциальных уравнений был использован метод Нелдера-Мида [3].

В результате решения поставленных задач даны рекомендации по выбору определенного типа дифференциальных уравнений, описывающих процесс измельчения металлических материалов. При расчете параметров измельчения пластических порошков типа ПЖ20М, ТН следует пользоваться уравнением (2), для хрупких материалов (типа Х18Н15, Х13М2Ю2) уравнением (1), для промежуточных (типа вольфрама, молибдена) уравнением (3) учитывающем агрегирование частиц коэффициентом μ . Полученные результаты расчетов показывают, что пользоваться уравнением (4) для указанных выше типов материалов невозможно т.к. значение коэффициентов a_2, b_2 практически равно нулю по принципу значимости.

Библиографические ссылки

1. Овчинников П.Ф. Виброреология. – К.: Наук. думка, 1983. – 271 с.
2. Кафаров В.В., Дорохов И.Н., Арутюнов С.Ю. Системный анализ процессов химической технологии. – М.: Наука, 1985. – 439 с.
3. Бурденко А.Ф., Орлова Н.Д. Определение коэффициентов дифференциальных уравнений по экспериментальным данным. – Деп. в ВИНТИ №3895-В89 от 12.06.89

УДК 625.07

ПОВЫШЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ, СОРТИРОВКИ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ ГУММИРОВАНИЯ

Настоящий В.А., Яцун В.В., Джирма С.А.,
Кировоградский государственный технический университет, Кировоград
Тарасенко А.А., Национальный горный университет, Днепропетровск

При применении износостойких резин в качестве материала рабочих поверхностей мельниц, грохотов, питателей конструкции и геометрические размеры резиновых элементов во многих случаях принимаются аналогичными металлическим элементам, что не в полной мере позволяет использовать свойства такого специфического материала как резина. Такая ситуация объясняется также тем, что не всегда имеются научно обоснованные методики расчета резиновых элементов, работающих в конкретных условиях ударного, истирающего и вибрационного нагружения.

Учет при конструировании таких свойств резины как упругость, способность восстанавливать форму детали при значительном деформировании, возможность получать детали сложной формы и разработка методов расчета таких деталей позволили при участии авторов создать гамму резиновых футеровок шаровых мельниц, в том числе и футеровки специальных конструкций, получивших название оболочковые и буферные, а также сита грохотов. Специальные конструкции футеровочных и просеивающих поверхностей обеспечили применение износостойких резин в крупногабаритных мельницах и грохотах мелкой сортировки, где ранее их использование считалось нецелесообразным.

Промышленные испытания резиновых элементов специальных конструкций показали, что срок их службы не уступает аналогичным элементам из износостойких материалов, а при использовании в грохотах значительно превосходит. При этом снижаются энергопотребление, трудозатраты на замену деталей, генерируемый оборудованием шум при повышении технологических показателей мельниц и грохотов.

ОБЗОР МЕТОДОВ РЕШЕНИЯ ОБЫКНОВЕННЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ С ПЕРЕМЕННЫМИ КОЭФФИЦИЕНТАМИ

Овчинников П.Ф., Одесса

В журнале "Вибрации в технике и технологиях" (2001. – №4. – С.74), опубликована статья, в которой утверждается, что аналитические методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений с переменными коэффициентами математиками разработаны недостаточно. Соглашаясь в принципе с таким утверждением, мне хотелось бы дать обзор уже известных достаточно давно,

аналитических методов решения дифференциальных уравнений с переменными коэффициентами, которые с моей точки зрения, удовлетворят самые изысканные потребности, в том числе и те, что ставятся в указанной выше статье.

В учебнике "Высшая математика", часть 2 [1, 2] указаны два метода решения указанных уравнений. Суть одного из них - операционного метода - показана на уравнении, в котором переменными являются коэффициенты в виде многочленов относительно независимой переменной. Хотя в учебнике и не описано, но известно решение уравнений операционным методом, когда коэффициенты есть периодические функции типа $\sin(\omega t + \alpha)$ и $\cos(\omega t + \alpha)$. Последнее означает, что коэффициентами могут быть любые функции, допускающие представление в виде ряда или интеграла Фурье.

В указанном учебнике рассмотрено решение уравнений с переменными коэффициентами методом подобия. Суть его состоит в замене независимой переменной или независимой функции, или и то и другое, на новые выражения, позволяющие свести заданное уравнение либо к уравнению с уже известным решением, либо к уравнению с постоянными коэффициентами. В частности, рассмотрено дифференциальное уравнение вида

$$y''(x) + P_1(x)y'(x) + P_2(x)y(x) = 0, \quad (1)$$

где $P_1(x)$ – непрерывно дифференцируемая функция, а $P_2(x)$ – непрерывная. Это уравнение содержит как частный случай уравнение, рассмотренное в указанной выше статье. Путем замены неизвестной функции $y(x)$ на $u(x)Y(x)$, где $u(x)$ – коэффициент подобия, уравнение (1) сводится к уравнению

$$Y''(x) + a_1Y'(x) + a_2Y(x) = 0 \quad (2)$$

с постоянными коэффициентами a_1 и a_2 . При этом необходимо построить инвариант

$$I(x) = \frac{1}{2}P_1'(x) + \left[\frac{1}{2}P_1(x) \right]^2 - P_2(x) = \alpha = const.$$

Условие выбора коэффициентов $\frac{1}{4}a_1^2 - a_2 = \alpha$; оставляя a_1 произвольным, находим a_2 . В учебнике [1, 2] на с. 154-158 рассмотрены конкретные примеры.

Библиографические ссылки

1. Овчинников П.Ф. и др., Высшая математика. - Ч. 2. - Киев: Вища школа, 1989. 679 с.
2. Овчинников П.П., Вища математика. - Ч. 2. - К.: Техніка, 1989., 792 с.

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ГОРНЫМ ДАВЛЕНИЕМ В ЛАВЕ НАКЛОННОГО ПЛАСТА ПНЕВМАТИЧЕСКИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ С РЕГУЛИРУЕМОЙ ЖЕСТКОСТЬЮ И НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТЬЮ

Выстороп А.П., Гребёнкин С.С.,
Донецкий национальный технический университет, Донецк

Угольная промышленность Украины, являясь главным источником её энергоресурсов, в последнее десятилетие переживает тяжёлый и затяжной экономический кризис. Только за период с 1990 по 1998 год объём добычи угля уменьшился более чем в 1,9 раза (с 164,8 до 85 млн. т).

Украинский уголь не выдерживает конкурентной борьбы на внешнем рынке из-за высокой его себестоимости и низкой производительности труда по отрасли в целом.

В отрасли начата плановая реструктуризация, однако темпы её проведения чрезвычайно низкие. Учитывая крайне тяжёлое общее состояние экономики Украины, даже прогнозное ожидание крупномасштабных работ по реструктуризации угольных шахт и быстрому закрытию тех из них, которые определены отраслевыми документами, представляется нереальным. Поэтому в фактически сложившихся на сегодня условиях постановка научно-исследовательских работ, направленных

на улучшение состояния отрасли при минимальных капиталовложениях и затратах, является актуальной отраслевой задачей.

Известно, что весьма важное место в технологическом цикле подземной добычи угля занимают работы по охране подготовительных выработок. При переходе горных работ по добыче угля на большие глубины (более 800 м) и резком ухудшении горно-геологических и горнотехнических условий залегания угольных пластов, их удельный вес в себестоимости добываемого угля ещё более возрастает. В то же время шахтный фонд большинства шахт Донбасса старый, в связи с чем на шахтах украинского Донбасса ежегодно ремонтируется 1,5-2 тыс. км подготовительных выработок.

Анализ состояния горных выработок на шахтах "Донуголь" показал, что при общей протяженности подготовительных выработок более 200 км, четвертая часть из них требует ремонта как по восстановлению рабочего сечения, так и его перекреплению. В связи с этим, актуальным встает вопрос разработки новых технологических способов охраны выработок не только для шахт ГХК "Донуголь", но и для отрасли в целом.

Практика горных работ в Донбассе в последние годы показывает, что применение механизированных крепей и комплексов для добычи угля способствует интенсификации очистных работ. В то же время интенсивная выемка угольных пластов оказывает отрицательное влияние на состояние подготовительных выработок.

Вопросы безремонтного поддержания и охраны подготовительных выработок в зоне влияния очистных работ отечественной инженерной практикой и наукой до настоящего времени должного развития не имеют.

Решение задач безремонтной эксплуатации подготовительных выработок должно базироваться на совершенствовании существующих и разработке новых способов их охраны, а также на аналитической основе, которая могла бы раскрыть физику процессов, происходящих в массиве и его взаимодействия со средствами и охраны. Такой подход к отработке угольных пластов позволит объективно подходить к применению определённого способа охраны выработок и направлений его совершенствования.

Применительно к условиям шахты им. Е.Т. Абакумова, состояние технологических вопросов охраны подготовительных горных выработок обобщённо сводится к следующему.

Значительная глубина их проведения, наличие слабых вмещающих пород, различные углы залегания угольных пластов переменной мощности (от 0,7-1,6 м).

Для охраны подготовительных горных выработок, с учётом указанной выше специфики их эксплуатации, в перспективе предполагается использование следующих технологических направлений:

- использование технологических схем охраны нетрадиционными средствами;

- керамическими стойками;

- использование для охраны подготовительных выработок известных в отрасли конструкций на базе мягких оболочек – пневматических костров; при этом пневматический костер в качестве рабочего тела, предположительно, должен использовать воду для увеличения его жёсткости;

- использование для охраны подготовительных выработок специальных полимерных рукавов, наполненных породой от прохождения выработки.

Эти технологические инженерно-технические решения аналогов в практике охраны подготовительных выработок угольных шахт в мировом опыте не имеют. Вместе с тем, реализация их для условий шахты им. Е.Т. Абакумова представляется весьма перспективной. Нами предлагается использовать для охраны выработок следующие конструкции: керамические стойки. Сущность их применения заключается в повышенной несущей способности, по сравнению с обычными стойками (деревянными). Специальные полимерные рукава, наполненные породой от прохождения выработок. На базе мягких оболочек – пневматические костры. Сущность этого метода основана на применении в качестве рабочего тела воды, которая позволит как увеличить его жесткость, так и регулировать ее.

Использование данных методов охраны предположительно позволит существенно улучшить условия поддержания выработок и снизить затраты. Лабораторные исследования показали преимущества данных способов охраны выработок над традиционными. В настоящий момент ведется

подготовка к испытанию их в естественных условиях и применению на шахте им. Е. Т. Абакумова.

УДК 621.784.7.

СПОСОБ УПРОЧНЯЮЩЕ-ЧИСТОВОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ

Лоскутов Д. В., Национальный горный университет, Днепропетровск

Качество поверхностного слоя оказывает большое влияние на характеристики внешнего трения и износа, развитие усталостных явлений, коррозию, КПД машин, возникновение шумов и на другие параметры и характеристики машин. Поэтому надежность и долговечность машин и механизмов в значительной степени зависит от качества поверхностного слоя деталей.

Для улучшения основных показателей качества поверхности деталей предлагается новый способ упрочняюще-чистой обработки деталей, включающий безабразивную ультразвуковую обработку с одновременным насыщением поверхностных слоев детали трибологическими порошковыми составами – геомодификаторами трения (ГМТ).

Технология модифицирования поверхности геомодификаторами трения с использованием энергии ультразвука состоит в следующем: предварительно обработанная деталь (после точения или шлифования) устанавливается в патроне токарного станка. Далее на поверхности детали наносят трибологический порошковый состав, втирая его в микронеровности поверхности. После этого, на выбранных режимах (подача инструмента S , частота вращения детали V , усилие прижатия инструмента к детали $P_{ст}$) производят ультразвуковую упрочняюще-чистовую обработку.

Предлагаемый способ позволяет повысить микротвердость поверхности деталей в 1,5-3,5 раза, обеспечивает благоприятное ее распределение по глубине наклепанного слоя (до 500 мкм), создает на поверхности микрорельеф, хорошо удерживающий масло (микроуглубления), снижает шероховатость поверхности в 5-10 раз и создает благоприятные остаточные напряжения сжатия, в результате чего износостойкость обработанной таким способом детали возрастает в 4-6 раз.

Применение безабразивной ультразвуковой обработкой совместно с ГМТ позволяет упрочнять гладкие и ступенчатые валы, шейки и галтели коленчатых валов, поршневые пальцы, штоки гидрокрепей, калибры и пуансоны, твердосплавные инструменты, беговые дорожки подшипников, а также поверхности корпусных детали.

Использование предлагаемого способа обработки позволит исключить из процесса обработки длительную операцию шлифования, сократить время на переустановку и транспортировку деталей и в большинстве случаев исключить упрочняющие операции, такие как термическая и химико-термическая обработки, легирование стали, применение износостойких наплавов и покрытий и др.

УДК 531.8.

ОПТИМИЗАЦИЯ СООТНОШЕНИЙ МЕЖДУ ЭЛЕМЕНТАМИ КУЛАЧКОВЫХ МЕХАНИЗМОВ

Бондаренко Л.Н.,

Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры, Днепропетровск

Дыдра В.И., Овчаренко Ю.Н., Терещенко Н.В., Рыжков И.Е., Андрушевич А.В.,

Днепропетровский государственный аграрный университет, Днепропетровск

На толкателях кулачковых механизмов в качестве промежуточного звена вводится ролик, благодаря чему трение скольжения заменяется трением качения.

В теории механизмов и машин и теории контактных напряжений такие механизмы чаще всего рассматриваются только с точки зрения анализа движения без оптимизации соотношений между радиусами кривизны ролика и кулачка с точки зрения наименьшего сопротивления вращению кулачка.

Для решения такой задачи необходимо знать аналитическую зависимость, которая бы содержала общепринятые характеристики без учета разовых экспериментальных, зависящих от радиусов кривизны и коэффициентов.

Авторами предложена аналитическая зависимость для определения коэффициента трения, которая определяется статической полу шириной пятна контакта, зависящей от модулей упругости материалов кулачка и ролика при вдавливании, их коэффициентов Пуассона и геометрических размеров.

После нахождения сопротивления качению ролика по кулачку и введения понятия приведенного его значения по радиусу и допустимой силе получено рациональное соотношение между геометрическими и механическими характеристиками кулачка и ролика.

Показано, что наилучшими показателями отношения сопротивления качению ролика по кулачку и радиусу кулачка и допустимому усилию давление ролика на кулачок обладает традиционный кулачковый механизм (наружные цилиндры с параллельными осями) и механизмы типа роликовых подшипников с бочкоподобными роликами

К РАСЧЕТУ МЕТАЛЛОРЕЗИНОВЫХ СИСТЕМ

Дырда В.И., Днепропетровский государственный аграрный университет, Днепропетровск

Шолин М.К.,

Институт геотехнической механики НАН Украины, ООО НПП «Техсервис», Днепропетровск

Металлорезиновая система рассматривается как термодинамическая квазилинейная система, в которой поток внешней энергии – механические, тепловые и химически активные поля – приводят к необратимым изменениям структуры материала на всем протяжении существования системы от изготовления до отказа. Физические и математические модели процесса разрушения системы описываются в рамках термодинамики необратимых процессов.

Для расчета времени до разрушения реальных металлорезиновых деталей используется замкнутая система уравнений, включающая: полный набор независимых термодинамических параметров; реологические соотношения наследственного типа; критериальные уравнения разрушения. Используется энергетический критерий диссипативного типа. Рассматриваются примеры расчета металлорезиновых систем с учетом кинетики накопления повреждений и неустойчивости материала от старения и коррозионного действия внешней среды. Излагаются также достижения последних лет в области проектирования, расчета и создания металлорезиновых систем, используемых в качестве виброизоляторов, износостойких защитных покрытий и демпфирующих элементов современного машиностроения. Необходимое соответствие матрицы свойств матрице требований таких деталей не всегда удается достичь из-за неустойчивости их параметров, вызванной поврежденностью материала, эффектами старения и технологическими несовершенствами. Поэтому особую роль приобретает союз механиков и технологов, достижения которого позволяют уже на стадии проектирования использовать и научную информацию, и накопленный инженерный опыт.

Рассматриваются также новые методы комплексной защиты металлических поверхностей машин от воздействия интенсивного абразивного износа и внешней активной среды методом гуммирования. Качество гуммирования обеспечивается использованием новейших технологий (в том числе и имеющих ноу-хау, например, очистка и подготовка поверхности металла с помощью сверхзвуковой высокотемпературной двухкомпонентной струи), высококачественных сертифицированных резин и клеев (например, адгезивов «Хемосил» концерна «Хенкель») и контроля качества исходной продукции с помощью специальных приборов.

УДК.622.673.6

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОТРЫВА ЖИДКОЙ ПЛЕНКИ И КАПЕЛЬ С ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ЖИДКОСТИ, РАСПОЛОЖЕННОЙ НА ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Заболотный К.С., Зиновьев С.Н.,

Национальный горный университет, Днепропетровск

Движение воздушного потока по кольцевой щели вдоль цилиндрической поверхности, покрытой водой, происходит под действием разности давлений на концах щели. При этом поверхность воды подвергается воздействию со стороны движущегося воздушного потока.

Существует несколько направлений рассмотрения данного вопроса. Большинство считают, что дробление струи на капли связано с возникновением на поверхности жидкости волн, амплитуда которых быстро возрастает, что приводит к образованию и отрыву капель и пленок от поверхности жидкости, расположенной в виде пленки на смоченной поверхности.

Действие вязкости жидкости на ее распад можно рассматривать с двух точек зрения. Во-первых, вязкие силы, приводящие к изменению основного течения, образуют пограничный слой, наличие которого должно приводить к изменению волнообразования. Во-вторых, вязкие силы могут оказывать непосредственное влияние на развитие возмущений при заданном профиле основного течения. При этом исследование устойчивости должно основываться уже не на уравнениях идеальной жидкости, а на уравнениях Навье–Стокса, что сильно усложняет исследование. Исследования доказывают, что такое влияние вязкости для не слишком вязких жидкостей очень мало.

УДК 629. 4. 060

ВЫСОКОЧУВСТВИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ОБНАРУЖЕНИЯ И ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ БОКСОВАНИЯ ТЯГОВОГО РЕЛЬСОВОГО ТРАНСПОРТА

Павленко А.П., Кийко А.И.,

Днепропетровский государственный технический университет железнодорожного транспорта,
Днепропетровск

Ивахненко В.Н., Садило А.В., Южная железная дорога

До последнего времени подавляющее большинство применяемых в Украине и за рубежом противобоксовочных систем тягового рельсового транспорта различного назначения базировалось на принципе измерения и последующего сравнения скоростей вращения или связанных с ними напряжений, токов в цепях ТЭД боксующих или небоксующих колесных пар (или производных от указанных величин).

Сам принцип действия указанных систем предопределяет несущие им в эксплуатации недостатки: имеют сравнительно низкую чувствительность (обнаруживают боксование, когда процесс уже достаточно развился и для его прекращения необходим сброс позиций контроллера машиниста); не работоспособны при синхронном боксовании колесных пар; накладывают жесткие требования на различие диаметров колес и разброс характеристик ТЭД смежных колесных пар.

В Ассоциации научно-производственных предприятий «Вибротранс-Эффектон» (г. Харьков) в 1996-2001 гг. разработана и успешно прошла эксплуатационные испытания на грузовых локомотивах новая, универсальная система обнаружения предельных сил сцепления (СОПСС) и предупреждения боксования или юза колесных пар тягового рельсового транспорта, лишенная указанных выше недостатков существующих противобоксовочных систем.

Принцип действия СОПСС исключает необходимость измерения и последующего сравнения скоростей вращения, токов или напряжений в цепях ТЭД боксующих колесных пар и основан на анализе динамических (колебательных) процессов в системе «ТЭД – редуктор – колесная пара – рельсовый путь» каждой оси тяговой подвижной единицы. Указанные динамические процессы фиксируются датчиками виброускорений корпусов ТЭД и подаются на вход устройства обнаружения предельных сил сцепления (УОПСС), которое в свою очередь формирует управляющий выходной сигнал (в случае «срабатывания» УОПСС) на исполнительную систему подачи песка под соответствующие колесные пары и при необходимости на систему регулирования характеристик ТЭД.

Основными модулями УОПСС являются интегральные платы нормально запертых полосовых фильтров (три-четыре фильтра на одну плату для каждой колесной пары), которые автоматически отпираются в момент достижения колесной парой предела по условиям ее сцепления с рельсами.

При этом конструктивно интегральные платы полосовых фильтров могут быть изготовлены на базе операционных усилителей (по одной плате на каждую колесную пару) или на базе микропроцессоров с программно числовой реализацией необходимых полосовых фильтров (в этом случае достаточно одной интегральной платы на всю тяговую подвижную единицу).

Натурные испытания СОПСС на различных локомотивах при поездной их работе с различными по весу составами показали, что эксплуатируемые противобоксовочные системы «срабатывают»,

когда скорость проскальзывания колес отвечает падающему участку кривой сцепления колесной пары (рис. 2) и процесс боксования уже достаточно развился, а для его прекращения необходимо только сброс позиций контроллера машиниста для снижения на 50-70% подводимого к колесным парам тягового момента. То есть ныне эксплуатируемые противобоксовочные системы практически не позволяют предупреждать развитие боксования колесных пар тяговых единиц. В то же время СОПСС «срабатывает» при реализации любой колесной парой предельного по условию ее сцепления, когда реальное боксование еще отсутствует и скорость микропроскальзывания колес отвечает началу переходного участка характеристики сцепления колес с рельсами, будучи ограничена величиной менее $(0,8 - 1)$ м/с (для магистральных локомотивов).

Как показали результаты натурных эксплуатационных испытаний грузовых электровозов, СОПСС «срабатывает» на 1,2 – 3,2 секунд раньше, чем штатные противобоксовочные системы. Это позволяет предупреждать возможное развитие процесса боксования без сброса позиций контроллера машиниста, а за счет кратковременной подачи песка под соответствующие колесные пары, осуществляемой СОПСС в автоматическом режиме.

Следует подчеркнуть универсальность разработанной СОПСС, возможность ее эффективного использования для любого тягового рельсового подвижного состава. Особенности конструкций той или иной конкретной тяговой единицы отразятся лишь на выборе величин соответствующей настройки центральных частот и напряжений порогов отпираания полосовых фильтров УОПСС. Последнее осуществляется посредством натурального эксперимента согласно разработанной методике в процессе одной опытной поездки тяговой подвижной единицы.

Как показали эксплуатационные испытания СОПСС на 10-ти грузовых электровозах серии ВЛ82М, ее применение на тяговом подвижном составе позволяет повысить на 9-15% тягово-сцепные качества подвижной единицы, снизить на 5-12% топливно-энергетические затраты, уменьшить в несколько раз износ рельсов и бандажей по кругу катания, снизить в 2,5-3 раза динамическую нагруженность колесно-моторного блока, обусловленную развитием фрикционных автоколебаний в тяговых приводах при боксовании колесных пар, что эквивалентно увеличению срока службы элементов колесно-моторного блока (ТЭД, тяговых редукторов и др.) в среднем на 15%.

Проведен анализ технико-экономических характеристик СОПСС в эксплуатационных режимах с двумя различными модификациями УОПСС:

1) когда основные блоки УОПСС, в том числе платы полосовых фильтров выполнены на аналоговом принципе;

2) когда осуществлена программно-числовая реализация полосовых фильтров и других элементов УОПСС на микропроцессорной базе.

Результаты сравнительного анализа сводятся к следующему: применение микропроцессоров и программно-числовой реализации работы основных блоков УОПСС:

1) по сравнению с аналоговым принципом реализации УОПСС снижает быстродействие СОПСС (время с момента достижения колесной парой предела по сцеплению и подаче соответствующего сигнала на вход УОПСС до момента «срабатывания» УОПСС) в диапазоне возможного расположения центральных частот полосовых фильтров 25 – 150 Гц, а для частот менее 60 Гц значительно повышает указанное быстродействие;

2) обеспечивает надежную защиту от ложного срабатывания СОПСС при прохождении стрелочных переводов, стыковых соединений и при наличии дефектов в зубчатой передаче тягового редуктора;

3) позволяет кардинально облегчить и упростить процедуру выбора, настройки и последующего контроля основных параметров УОПСС (центральных частот, напряжений порогов отпираания полосовых фильтров и др.).

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС “АРМИРОВКА ШАХТНОГО СТВОЛА”

Ильин С. Р., Институт геотехнической механики НАН Украины, Днепропетровск
Дворников В. И., Донбасская государственная академия строительства и архитектуры, Донецк
Карцелин Е. Р., Софийский горно-геологический университет им. Св. Ивана Рильского, София

Приводится описание программного комплекса для моделирования динамических процессов в системе «подъемный сосуд-армирование» шахтного ствола, а также в других звеньях шахтной подъемной установки при ее работе в обычных режимах эксплуатации и в различного рода экстремальных ситуациях. Комплекс предназначен для моделирования динамических процессов при работе шахтной подъемной установки в обычных режимах эксплуатации и в различного рода экстремальных ситуациях, для исследовательских целей, для экспертных проверок, для использования при наладочных работах в предпусковом периоде и при плановых ревизиях, при проектировании подъемных установок, при инструментальной диагностике состояния оборудования подъема и в учебных целях

Программный комплекс “Армирование шахтного ствола” создан коллективом авторов данной статьи на базе одной из многочисленных опций программы “Dynamics”, разработанной в 1991 г. проф. В. И. Дворниковым в результате пятилетнего (1985-1990 гг.) научно-технического сотрудничества с машиностроительным заводом ЧКД-Прага и остравским институтом “Горный проект” (Чехия) с последующим участием доктора-инж. Е. Р. Карцелина (Болгария) на этапе окончательной отладки и верификации. Верификация программы производилась с использованием обширных экспериментальных данных, полученных сотрудниками ВНИИГМ им. М. М. Федорова (Украина), а также на основе результатов комплексного и разностороннего эксперимента, выполненного под руководством З. Шебелы (Чехия) в 1985 г. на одной из шахт Остравско-Карвинского угольного бассейна.

Программа “Dynamics” имеет многочисленные функциональные возможности и позволяет произвести виды численных процедур, моделирующих практически все основные, реализующиеся при работе подъемных установок динамические процессы, как в системе электропривода, системе управления, системе рабочего и аварийного тормоза, так и механическом оборудовании подъемов. Программный комплекс “Армирование шахтного ствола”, обладает рядом дополнительных преимуществ в виде интерактивных связей с программным комплексом «Hoist» В.И. Дворникова, автоматизации расчета напряжений в проводниках и расстрельных балках с учетом всех динамических сил взаимодействия. Ее применение в сочетании с методами прямого инструментального измерения отдельных параметров систем «сосуд-армирование», позволяет существенно повысить информативность и достоверность результатов диагностики.

Приводятся данные, иллюстрирующие некоторые из возможностей комплекса при его использовании для диагностики армировки шахтных стволов.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМЕ «ТЯГОВЫЙ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ – КОЛЕСНАЯ ПАРА – РЕЛЬСОВЫЙ ПУТЬ – ПРОТИБОКСОВОЧНАЯ СИСТЕМА»

Кийко А.И., Павленко А.П.,

Днепропетровский государственный технический университет железнодорожного транспорта,
Днепропетровск

В работе предлагаются два подхода к моделированию динамических процессов в рассматриваемых системах: математическое моделирование на ПЭВМ и экспериментально-аппаратурное моделирование на натуральных образцах в условиях реальной эксплуатации тяговой единицы.

Предлагаемая расчетная схема и математическая модель исследуемого класса систем учитывает крутильные колебания в механической части тягового электропривода каждой колесной пары тяговой рельсовой единицы, вертикальные колебания колесной пары (вместе с тяговым редуктором

и ТЭД на упругом рельсовом пути с заданными обобщенными вертикальными неровностями), продольные колебания колесной пары относительно тележки вдоль оси пути, влияние электромагнитных переходных процессов в цепях ТЭД постоянного и переменного тока (асинхронный ТЭД). Исследуются тяговые режимы реализаций предельных сил сцепления колесных пар с рельсами с переходом в режим боксования при взаимодействии (и без взаимодействия) с противобоксовочной системой в скоростном диапазоне от нуля до V_{max} . Рассматриваемая и моделируемая противобоксовочная система включает подсистему обнаружения реализации колесной парой предельных сил ее сцепления, и испытательную систему подачи песка под колесные пары, и при необходимости «сброса» тягового момента на 10-70%. Моделирование режимов реализации предельных сил сцепления и режимов боксования осуществляется путем скачкообразного набора позиций контроллера машиниста из устойчивого тягового режима или за счет скачкообразного уменьшения потенциального коэффициента сцепления колес с рельсами (наезд на масляное пятно или на загрязненный участок рельсового пути).

В качестве моделируемого входного сигнала для устройства обнаружения предельных сил сцепления (УОПСС) в обоих подходах выбрана нормированная, безразмерная величина вертикального виброускорения в определенной точке колесно-моторного блока (около узла подвески к раме тележки).

Излагается методика моделирования (с описанием программно-аппаратурного обеспечения на базе портативного ПЭВМ типа Note-book и блока аналогово-цифрового (АЦП) и цифро-аналогового (ЦАП) преобразователей) динамических процессов в тяговых приводах рельсовых экипажей, оборудованных системой раннего обнаружения предельных сил сцепления (СОПСС) колесных пар с рельсами, в реальных условиях их эксплуатации.

При обоих подходах в результате моделирования определяются оптимальные значения основных параметров УОПСС (центральных частот и порогов отпираания полосовых фильтров).

Сопоставляются величины указанных параметров, полученные в результате математического моделирования на ПЭВМ и при экспериментальном исследовании СОПСС на натуральных образцах.

УДК 621.9

К ВОПРОСУ О ПОВЫШЕНИИ СВОЙСТВ СТАЛЕЙ, РАБОТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ УДАРНОИСТИРАЮЩИХ НАГРУЗОК ПРИ ПОНИЖЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Константинов Е.Г., Тарасенко Е.А., Норильский индустриальный институт, Норильск
Орлова Т.Л., Норильская горная компания, Норильск

Для литых деталей, работающих в условиях ударно-истирающих нагрузок, высоких удельных давлений и низких (до -60°C) температур на НГК используется опытная сталь 25ХГСНМЛ (СТП-0401-4-77), относящаяся по своему химическому составу и назначению к среднелегированным высокопрочным сталям: $\text{C}=0,20-0,30\%$; $\text{Mn}=1,0-1,4\%$; $\text{Si}=0,5-0,7\%$; $\text{Cr}=0,6-1,0$; $\text{Ni}=0,6-1,0\%$; $\text{Mo}=0,3-0,5$; $0,3\%$; $\text{Cu}\leq 0,30\%$, содержащие S и P не более $0,03\%$ каждого. Структура стали после принятого на практике режима термической обработки (нормализация при $900-920^{\circ}\text{C}$, закалка с $880-920^{\circ}\text{C}$ и последующий отпуск в интервале температур $340-660^{\circ}\text{C}$) представляет собой высокодисперсный сорбит и перлит.

Статистический анализ химического состава промышленных плавок показал существенный разброс по содержанию легирующих элементов от рекомендуемого по верхнему и нижнему пределам, в %; по Mn –21,5; по Si - 40,7; по Cr - 14,8; по Ni - 18,5; по Mo - 29,4; содержание в 32,5% плавок превышает допускаемые нормы. Аналогичная картина разброса имеет место и для механических свойств: по пределу прочности –15,6%, по пределу текучести – 32,9%; по относительному удлинению –21,2%; по ударной вязкости –23,4%.

Нестабильность химических и механических свойств в значительной мере обуславливает большое количество плавок, не удовлетворяющим требованиям СТП по основным показателям, определяющим надежность и долговечность работы деталей в условиях ударных нагрузок и низких температур.

Был предложен опытный режим термической обработки, имеющий целью повышение эксплуатационных свойств, измененный по сравнению с традиционным:

1. Повышение температуры нормализации до 1020-1050⁰С, обеспечивающее устранение следов литой структуры.

2. Применение 3- кратной термоциклической обработки с неполным фазовым превращением (А_{с1} ±30-50⁰С) для получения однородной и тонкодисперсной структуры стали 11-12 баллов.

3. Закалка с 900-920⁰С в масле.

Низкотемпературный отпуск (250-300⁰С) вместо широкого интервала (360-600⁰С) отпуска по существовавшей ранее технологии. Предложенный режим позволил получить оптимальное сочетание механических (твердость, ударная вязкость, прочность) и эксплуатационных свойств (износостойкость), повысив долговечность деталей в 1,8-2 раза.

УДК 621.9

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗОВОГО СОСТАВА ИЗНОСОСТОЙКИХ НИТРИДОВ

Науменко Е.Г., Национальный горный университет, Днепропетровск

Сальников А.С., “УкрНИИ Спецсталь”, Запорожье

Нитриды и карбиды переходных металлов обладают широкой областью гомогенности. В зависимости от технологии и условий производства можно получить различные по составу и кристаллическому строению соединения. Для изучаемых нитридов металлов IV группы (Ti, Zr, Hf) характерной является гранцентрированная кубическая решетка. В то же время соединения V и VI групп, наряду с ГЦК структурой, могут иметь другие менее устойчивые фазы (ГПУ, гексагональная простая и др.).

Известно, что наиболее высокими температурами плавления и стабильностью обладают соединения с ГЦК структурой типа В1. Поэтому целью настоящих исследований является изучение фазового состава нитридных пленок, полученных при различных условиях вакуумно-плазменной технологии, и на основании этих данных – выбор технологических режимов осаждения, обеспечивающих формирование нитридов, как правило, с однофазной ГЦК кристаллической структурой.

Степень проявления эксплуатационных свойств износостойких покрытий во многом зависит от количества примесей в пленках. Источниками примесей являются остаточные и натекающие атмосферные газы, испаряемый материал, реакционный газ. Одним из требований, предъявляемых к технологическому процессу получения тонких износостойких пленок, является высокая степень чистоты расходоуемых компонентов – катодных материалов и реакционных газов. Поглощение конденсированными слоями примесей уменьшается при улучшении вакуума (статического и динамического) и увеличении скорости конденсации.

Одной из причин нежелательного повышения адгезионной активности пленок к обрабатываемому материалу является повышенное содержание металлической фазы в составе покрытия, т.е. покрытие, по возможности, не должно содержать обогащенных чистым металлом слоев. Таким образом, снижение доли примесей в покрытии за счет улучшения вакуума, высокой чистоты расходоуемых материалов, сокращения времени осаждения в оптимальных технологических условиях, являются дополнительным резервом повышения эксплуатационных свойств износостойких пленок.

При проведении исследований покрытия наносили на образцы из быстрорежущей стали Р6М5, шлифованные по всем поверхностям, размером 20x20x10 мм. Передняя поверхность образца для исследований дополнительно полировалась по технологии подготовки металлографических образцов. Катоды диаметром 64 мм и высотой рабочей части 39 мм были изготовлены из высокочистых металлов (титана, цирконий, гафния, ванадия, ниобия, хрома и молибдена). Для получения пленок нитридов переходных металлов применяли особо чистый азот ГОСТ 9293-74. При нанесении покрытий температура исследуемых образцов поддерживалась в интервале 480-530 С.

На основании получаемых результатов рентгеноструктурного фазового анализа вводили коррективы в технологические режимы осаждения пленок. Силой тока горения дуги и давлением реакционного газа (азота) изменяли соотношение металлической и газовой составляющих при осаждении в вакуумной камере.

Согласно многочисленным литературным данным, физико-механические свойства металлов, сплавов и тугоплавких соединений определяются кристаллической структурой и межатомными расстояниями. Поэтому нами были предложены исследования периодов решеток нитридных пленок, полученных в оптимальных технологических условиях осаждения. В связи с тем, что для большинства образцов покрытия состояли из ориентированных кристаллов, и не всегда можно было получить отражения под большими углами, необходимыми для точного определения периода решетки, поэтому использовали специальную методику экстраполяции. Она заключается в том, что для всех наблюдаемых линий измеряется вульф-брегговский угол V_{hkl} , затем рассчитывают период решетки для каждого отражения a_{hkl} и стоят зависимости $a_{hkl}=f(\lambda/\sin(V_{hkl}))$

Ордината при $V_{hkl}=90^\circ$, т.е. в точке λ , дает истинное значение периода решетки изучаемой фазы.

Результаты расчетов показали, что только два нитрида – HfN и VN имеют кристаллиты с одинаковым значением периода решетки. Для всех остальных образцов наблюдались кристаллиты с разными периодами решетки.

Таким образом, в результате рентгеноструктурного фазового анализа были выбраны технологические режимы вакуумно-плазменного осаждения, которые обеспечивают формирование нитридных пленок преимущественно с ГЦК кристаллической структурой и составом, близким к стехиометрическому. Дальнейшее изучение механических и эксплуатационных свойств износостойких пленок производили на аттестованных образцах.

УДК 539.433+621.86

ОБОСНОВАНИЕ, РАСЧЕТ ДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И СОЗДАНИЕ АСИММЕТРИЧНЫХ ВИБРОМАШИН С БИГАРМОНИЧЕСКИМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ

Логвиненко Е.А., Силич-Балгабаева В.Б.,
Днепропетровский национальный университет, Днепропетровск

Исследование различных вибротехнологий (грохочение материалов, уплотнение бетонных смесей, виброзабивка свай и т.п.) показывает, что оптимизация их динамико-технологических параметров может быть достигнута с помощью вибромашин, реализующих асимметричные законы колебаний рабочих органов.

В Днепропетровском национальном университете в течение ряда лет ведутся работы по изысканию и исследованию динамики новых вибросистем, в основе которых лежат упругие связи с несимметричной характеристикой восстанавливающей силы и бигармоническое возбуждение, используемое для усиления степени асимметрии колебаний. Динамика таких систем имеет специфические особенности, так как возникает их динамическое смещение относительно статического положения равновесия, в спектре вибрации появляются четные гармоники, определяющие несимметричность ускорений рабочего органа, увеличивается неравномерность вращения вала вибро-возбудителя.

В настоящее время выполнены теоретические исследования динамики многомассных асимметричных резонансных вибросистем, в том числе и с изменяющейся во времени массой, осуществляющих колебания на основной низкой частоте, отличающихся значительной нелинейностью, с двукратным отношением между величинами амплитуд первой и второй гармоник возмущающей силы. Использование методики, являющейся комбинацией метода припасовывания и асимптотического разложения по малому параметру, позволило получить основные зависимости в аналитическом виде, удобном для анализа и практического расчета конкретных вибромашин. Разработана также программа расчета динамических параметров на ПЭВМ.

По результатам выполненных исследований созданы виброразгрузчик для рыхления и выгрузки смерзшихся сыпучих материалов (угля, щебня, песка и т.п.) из железнодорожных полувагонов и модель цистерны со встроенными горизонтальными вибрототками для ускоренной выгрузки цемента. Следует отметить, что проблема таких разгрузочных работ до сих пор полностью не решена.

Трудность исследований и выбора оптимального динамического режима двухмассного разгрузчика заключается в том, что сначала он после внедрения штырей рабочего органа в смерзшийся груз и их заклинивания превращается в одномассную систему с колеблющейся только добойной

плитой, а после накопления энергии, образования лидирующей трещины и продвижения вниз штыревого рабочего органа – в двухмассную, взаимодействующую с разрушаемым материалом, а затем и бортами с целью их зачистки от примерзших остатков.

На основании результатов теоретических исследований и разработанной программы расчета путем вариации жесткостных параметров системы удалось выбрать рабочий режим с единой частотой колебаний 65 1/с, при которой обеспечиваются необходимые усилия для разрушения груза и зачистки бортов, удовлетворяющие условиям сохранности полувагонов согласно ГОСТ 22235-76.

Промышленные испытания виброразгрузчика при рыхлении и выгрузке смерзшегося щебня прочностью 9-10 МПа подтвердили, что реализуются заданные несимметричные ускорения, создающие усилия в 19,8 тс, необходимые для разрушения груза. После растрескивания материала и снижения его жесткости ускорения масс, а, следовательно, и усилия от штырей уменьшались, что не мешало материалу эффективно выгружаться через люки. В дальнейшем, при опускании добойной плиты и упругом опирании ее на борта происходило значительное увеличение буферных зазоров, и система переходила на линейный характер колебаний с усилиями на борта не более 8,5 тс, при которых осуществлялась их зачистка от остатков груза.

Модель виброцистерны представляет собой котел, в котором виброточки совершают встречные, под углом 15°, асимметричные колебания и перемещают находящийся на них цемент к центральному разгрузочному люку. На основе выполненных теоретических исследований и расчетов при условии, что скорость изменения массы цемента мала по сравнению с основной частотой, были определены жесткостные параметры асимметричной упругой подвески, бигармоническая возмущающая сила, величины «нижнего» и «верхнего» ускорений грузонесущих лотков в дорезонансном режиме колебаний. Экспериментальные исследования показали, что при изменении соотношений амплитуд первой и второй гармоник возмущающей силы, зазоров между односторонне установленными буферами в частотном диапазоне 60-90 1/с существенно изменяется динамическая активность системы, влияющая на скорость перемещения отдельных слоев разгружаемого материала. Следует также отметить совпадение расчетных и экспериментальных данных с точностью до 10-15%, что свидетельствует о пригодности разработанных теории расчета асимметричных вибросистем с бигармоническим возбуждением для создания вибромашин различного назначения. На основании проведенных исследований также произведены динамические расчеты и даны рекомендации по конструированию натурального образца виброцистерны и виброплощадки для формирования железобетонных конструкций из особо жестких бетонных смесей.

УДК 666.97.003

ВЛИЯНИЕ СПЕКТРА ВИБРАЦИИ НА ФОРМОВАНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Логвиненко Е.А., Силич-Балгабаева В.Б., Пилипенко Т.А.,
Днепропетровский национальный университет, Днепропетровск

В вибротехнологии изготовления железобетонных изделий горношахтного строительства (тюбинги, лотки, шпалы, плиты перекрытий и т.п.) весьма важным является назначение таких динамических параметров, при которых бы бетонная смесь одновременно эффективно разжижалась и уплотнялась. Это обеспечивает получение высокой прочности и чистоты поверхности изделий. Реализация таких параметров в конкретной вибромашине зависит от закона движения рабочего органа, принятой основной частоты и амплитуды колебаний, спектрального состава вибрации.

Исследования, выполненные в Днепропетровском национальном университете, показывают, что наиболее целесообразными являются асимметричные поличастотные колебания с существенным вкладом высших гармоник. Однако в экспериментальных образцах, реализующих асимметричный цикл колебаний, недостаточная оптимизация величин и соотношений первой и последующих высших гармоник, определяющих состав и интенсивность вибрации, не всегда позволяли получать изделия высокой плотности и повышенного качества поверхности.

В настоящее время созданы резонансные асимметричные виброплощадки типа В-8 и В-15, которые осуществляют вертикальное поличастотное воздействие на жесткий бетон с частотой и амплитудой основного тона соответственно 15-17 Гц и 4-5 мм. Одновременно на второй, третьей,

четвертой, пятой гармониках с частотами, кратными основной, реализуются амплитуды соответственно равные 0,25-0,3; 0,08-0,1; 0,04-0,05 и 0,02-0,025 мм, причем меньшим значениям частот соответствуют большие значения амплитуд вибрации. Присутствие в спектре высоких частот с малыми амплитудами колебаний благотворно влияет на скорость разжижения смеси. Наличие же низких частот с высокими амплитудами, а также четных гармоник, оказывает эффективное воздействие на степень уплотнения бетона и позволяет практически достигать ее максимальных значений. При этом уровень ускорений при ходе рабочего органа вверх составляет около 21 м/с^2 , а вниз – до 65 м/с^2 . Такой динамический режим не только исключает подсос воздуха в бетонную смесь, но и, наоборот, обеспечивает интенсивное вытеснение из нее воздушных пузырьков, что предотвращает появление пор на нижней лицевой поверхности изделий.

При формировании высоких объемных железобетонных конструкций из бетонов жесткостью до 60-70с по ГОСТ 101.81.1-81, в частности, напорных труб диаметром 2000 мм и высотой 5000 мм, на резонансной асимметричной виброплощадке ВТ-20 был реализован динамический режим с основной частотой колебаний 12 Гц и амплитудой 6 мм. Одновременно на кратных высших частотах зафиксированы амплитуды, несколько превышающие указанные ранее. «Верхнее» ускорение составило 23 м/с^2 , а «нижнее» - около 55 м/с^2 . При несколько повышенных амплитудах, а, следовательно, увеличенной длине волны, проникающей в толщину бетонной смеси, общее время вибрирования с постоянной скоростью засыпки 40-50 мм/с составляло 240 ... 270 с. При этом всегда достигались высокие прочность изделия и качество внутренней поверхности железобетонных труб. Аналогичные результаты получены в производстве железобетонных колодцев, а также объемных изделий типа СОГ для элеваторов.

С целью универсального использования резонансных асимметричных виброплощадок для формирования тонких изделий, в частности, ребристых настилов, плит были использованы рабочие динамические режимы с частотой колебаний 17 Гц и амплитудой не более 2 мм, что достигалось установкой нулевых зазоров между рабочим органом и резиновыми буферами. При этом «верхнее» ускорение не превышало 12 м/с^2 , а «нижнее» – достигало 38 м/с^2 . Значительная степень асимметрии ускорений объясняется высоким вкладом четных гармоник, положительно воздействующих на процесс уплотнения смеси, в связи с чем были получены хорошие прочностные показатели тонких изделий.

В последние годы создан ряд легких инерционных виброплощадок, генерирующих динамические режимы с иным эффективным спектром вибрации. К ним относятся виброплощадки типа ВА, ВБЛ-1 и ВБЛ-2, собираемые из модульных виброблоков грузоподъемностью 4 т.

Работа виброплощадок основана на опережающем движении виброблоков относительно свободно установленной на них форме. При соударении обрешеченных поверхностей виброблоков с находящейся во взвешенном состоянии формой бетонная смесь получает силовые импульсы и уплотняется. Упруго-ударное асимметричное взаимодействие масс с частотой и амплитудой основного тона соответственно 28 Гц и 1 мм зафиксировало появление на кратных частотах 56, 84, 112 и 140 Гц следующих амплитуд – 0,1; 0,025; 0,012 и 0,006 мм. При этом максимальное ускорение блока составило 52 м/с^2 , а минимальное – 22 м/с^2 . В этих машинах процесс разжижения смеси происходит более интенсивно, чем в резонансных. Однако коэффициент уплотнения бетона несколько ниже и составляет 0,96-0,98. Выбранный спектр вибрации пригоден для формирования в основном плоских изделий из смесей жесткостью до 30 с по ГОСТ 101.81.1-81, но особенно эффективен для изготовления тонкостенных армоцементных конструкций.

УДК 62-252:532.542:539.215

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВРАЩАТЕЛЬНЫХ РЕЖИМОВ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ БАРАБАНЫХ МАШИН ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Науменко Ю.В., Ривненский государственный технический университет

В горнорудной и металлургической промышленности получил применение класс горизонтальных барабанных машин, включающий печи, охладители, сушилки, смесители, мойки, грохоты, вращающиеся транспортирующие трубы, галтовочные машины, окомкователи, барабанные мель-

ницы, центробежно-литейные машины, сепараторы и другие системы. Рабочим органом таких машин является горизонтальный вращающийся цилиндрический барабан, частично заполненный жидким и сыпучим обрабатываемым материалом. При низких скоростях вращения барабана возникает циркуляционный режим движения материала, при высоких – режим пристеночного слоя. Несмотря на различие размеров и технологического назначения благодаря однотипности конструкции и схожему характеру гидродинамических процессов на рабочем органе и динамических процессов в приводе эти машины относятся к одному классу.

Широкое распространение рассматриваемых машин обусловлено их высокой единичной продуктивностью, простотой конструкции, надежностью, универсальностью и экономичностью. Эффективность их работы в значительной степени определяется гидродинамическим совершенством ведения технологического процесса в обрабатываемой текучей среде и рациональным выбором динамических параметров барабанного ротора и его привода. Вместе с тем механика вращения горизонтальных барабанных машин до настоящего времени остается еще недостаточно изученной и требует дополнительных исследований. Для расчета режимов этих машин используется "коэффициент гравитации" и "критическая" скорость вращения, отвечающие значению числа Фруда. При этом не учитывается степень заполнения полости, фрикционные и реологические свойства материала, условия устойчивости движения. Частицы сыпучего материала при относительном движении считаются свободными телами, их взаимодействие не учитывается, а траектории движения определяются лишь из кинематических соображений. Момент сопротивления вращению барабана со стороны материала чаще всего определяется как результат поворота условной твердотельной сегментной загрузки на угол $30^\circ \dots 60^\circ$. Существующие расчетные методы отдельных видов таких машин предназначены только для достаточно узких диапазонов параметров. Использование упрощенных и в значительной степени умозрительных моделей приводит к расхождению полученных расчетных результатов с экспериментальными данными и во многих случаях к использованию машин не в оптимальных технологических и динамических режимах.

В процессе исследований была выполнена классификация характерных зон и режимов движения жидкого и сыпучего материала в поперечном сечении барабана. Рассмотрены условия устойчивости установившегося движения пристеночного слоя жидкости и условия нестационарных волновых движений на свободной поверхности. Изучено проявление эффекта режимного гистерезиса течения жидкости, заключающегося в превышении величины скорости вращения барабана при переходе циркуляционного режима течения в режим пристеночного слоя, во время ускорения вращения, над величиной скорости при обратном переходе режимов, во время замедления. Разработан алгоритм численного определения двумерного неустановившегося течения жидкости.

Полученные экспериментальные результаты свидетельствуют о том, что циркуляционное течение сыпучего материала в горизонтальном вращающемся барабане в виде гравитационных потоков относится к типу быстрых движений. Поведение материала подобно поведению вязкой жидкости в аналогичных условиях и коренным образом отличается от описания в рамках теории пластичности. Это позволяет принять критерии подобия установившегося движения хорошо сыпучей среды, аналогичные с критериями для жидкости – числа Рейнольдса и Фруда на радиальной поверхности полости и степень ее заполнения материалом. Была выявлена идентичность условий устойчивости и границ перехода режимов движения жидкого и сыпучего материала. На основании принятых критериев подобия и обобщения результатов получены универсальные функциональные зависимости границ перехода режимов, момента сопротивления и осевого момента инерции ротора. Разработан алгоритм численного определения переходных режимов движения машинного агрегата с использованием зависимостей и исследована устойчивость его движения.

Полученные результаты могут быть использованы для разработки рекомендаций по определению параметров рабочих режимов вращения машин в широком диапазоне вариации и организации в них рациональной гидродинамической обстановки. Предложены новые технологические процессы. Разработанные универсальные инженерные методы расчета параметров привода и технологических режимов всего класса горизонтальных барабанных машин позволяют существенно сократить сроки и трудоемкость предпроектных теоретических и экспериментальных исследований при усовершенствовании и создании новых технологических процессов и оборудования.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ГИДРОТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ
СРЕДСТВАМИ ПЭВМ**

Олишевский Г.С., Национальный горный университет, Днепропетровск

Гидротранспорт широко распространен в промышленности. Он выгодно отличается от всех других видов транспорта тем, что связывает в один ряд технологические процессы, обеспечивает безопасность всех транспортных работ при высокой пропускной способности. Вместе с тем гидравлический транспорт является относительно энергоемким, поэтому особое значение приобретают вопросы выбора рациональных параметров и режимов работы гидротранспортных систем (ГТС). Решение этой задачи наиболее эффективно с применением ПЭВМ. Для выполнения поставленной задачи разработана программа расчета режимов работы ГТС на языке «Паскаль».

Предусмотрен расчет двух основных расчетных схем ГТС: с разрывом потока гидросмеси и без разрыва потока для цепочки последовательно подключенных перекачных насосов. Характеристика внешней сети определяется эмпирическими выражениями соответствующими требуемой средневзвешенной крупности твердых частиц. Напорная характеристика насоса и мощность на валу в зависимости от расхода воды аппроксимированы в виде полиномов второй степени. Коэффициенты данных полиномов, а также соответствующая скорость вращения вала находятся в базе данных программы. Базу данных можно при необходимости обновлять самому при помощи этой же программы. Программа автоматически пересчитывает характеристики насосов на заданную гидросмесь, а также для заданной частоты вращения вала насоса.

В исходных данных задаются: гранулометрический состав гидросмеси; плотность и динамическая вязкость воды; плотность твердых частиц; отношение объемов твердого к жидкому; данные по геометрии трубопроводов и коэффициентам на местные сопротивления; типы используемых насосов и частота вращения вала на них.

В результате расчета помимо второстепенных данных определяются следующие параметры: режимная подача гидросмеси в системе; критическая скорость гидросмеси; удельная энергоемкость всей системы; для *i*-го насоса: мощность на валу насоса, полезная мощность, КПД насоса, напор насоса (в пересчете на гидросмесь), давление гидросмеси на входе в насос, давление гидросмеси на выходе из насоса.

Исходные данные и результаты расчета гидротранспортной установки размещаются в текстовом файле.

Использование данной программы позволяет наглядно исследовать влияние величины концентрации гидросмеси на уменьшение удельной энергоемкости на гидротранспортирование при обеспечении способности потока к транспортированию.

Полученные с помощью указанной выше программы результаты, хорошо согласуются с реальными данными по Вольногорскому ГМК, что позволяет говорить о достоверности разработанной программы реальным условиям функционирования гидротранспортных систем горных предприятий.

**ДО МЕТОДИК РОЗРАХУНКУ ДИНАМІЧНОЇ І ТЕПЛОВОЇ НАВАНТАЖЕНОСТІ РІЗНИХ
ТИПІВ СТРІЧКОВО-КОЛОДКОВИХ ГАЛЬМ БУРОВИХ ЛЕБІДОК**

Крижанівський Є.І., Вольченко Д.О.,

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ

Пургал М.П., Радомський інститут нагрівальної і санітарної техніки, Радом, Польща

Створення та розробка нових типів стрічково-колодкових гальм бурових лебідок вимагає поглибленого вивчення та дослідження характерних динамічних і теплових процесів з метою забезпечення надійної та ефективної їхньої роботи.

Особливістю роботи стрічково-колодкового гальма з обертальними фрикційними накладками є те, що в його розімкнутому стані фрикційні накладки підпружинені пружними елементами, одягнені з деяким натягом на робочу поверхню гальмівного шківів і обертаються разом з ним.

При замиканні гальма на початковій стадії гальмування робоча поверхня гальмівної стрічки взаємодіє з зовнішніми поверхнями фрикційних накладок (зовнішні пари тертя). При повному зриві зчеплення між внутрішніми поверхнями накладок і зовнішньою поверхнею шківів реалізується заключна стадія гальмування внутрішніми фрикційними вузлами. Та чи інша стадія гальмування зумовлена величиною натягів з набігаючої S_n та збігаючої S_z гілок стрічки. Між початковою та заключною стадіями гальмування нетрадиційного стрічково-колодкового гальма має місце перехідна стадія гальмування.

Неординарність роботи стрічково-колодкового гальма з обертальними фрикційними накладками вносить визначені корективи в методики розрахунку динамічних та теплових процесів зовнішніх та внутрішніх їхніх фрикційних вузлів.

В статті наведена розгалужена ієрархічна структура динамічних і теплових параметрів, які зумовлюють навантаженість фрикційних вузлів серійного та нетрадиційного стрічково-колодкового гальма. В основу ієрархічної структури закладені динамічні, конструктивні та теплові параметри фрикційних вузлів гальма. Проаналізована різниця між серійним та нетрадиційним гальмом, яка полягає у наявності в останньому, окрім внутрішніх, і зовнішніх фрикційних вузлів.

Відмічені особливості методик розрахунку параметрів серійного та нетрадиційного гальма.

Детально розглянуті динамічні процеси, які мають місце в нетрадиційному гальмі.

Проаналізовано процес формування теплоутворення парами тертя серійного та нетрадиційного гальма і доведено, що в останньому гальмі зовнішні фрикційні вузли виконують розвантажувальну теплову функцію на початковій стадії гальмування.

ТЕПЛО НАВАНТАЖЕНІСТЬ СТРІЧКОВО-КОЛОДКОВОГО ГАЛЬМА З ОБЕРТАЛЬНИМИ ФРИКЦІЙНИМИ НАКЛАДКАМИ

Вольченко О.І., Криштопа С.І.,

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ

Вольченко М.О., Кубанський державний технологічний університет, Краснодар, Росія

Сп'як М.А.,

Бережанський агротехнічний інститут Київського національного аграрного університету

Стрічково-колодкове гальмо з обертальними фрикційними накладками бурових лебідок є новим типом гальма. В ньому накладки насаджені на кільця, які виконані з циліндричних стрижнів. При цьому між накладками встановлені пружні елементи. Така система забезпечує посадку фрикційних накладок з натягом на робочу поверхню шківів. Замикання гальма здійснюється за допомогою гнучкої пружної гальмівної стрічки. Для надійної роботи нетрадиційного гальма необхідно витримати наступні умови: коефіцієнти тертя між внутрішньою поверхнею гальмівної стрічки та зовнішніми поверхнями фрикційних накладок (зовнішні пари тертя) повинні бути за величиною більшими, ніж між внутрішніми поверхнями накладок та робочою поверхнею гальмівного шківів (внутрішні пари тертя). В той же час питомі навантаження у внутрішніх парах тертя повинні бути більшими за їхні величини у зовнішніх парах тертя гальма.

Результати експериментальних досліджень теплової навантаженості стрічково-колодкових гальм з обертальними фрикційними накладками бурових лебідок отримані на модельному стенді.

В процесі випробувань нетрадиційного стрічково-колодкового гальма було встановлено вплив на інтенсивність і ступінь нагрівання його зовнішніх та внутрішніх фрикційних вузлів таких факторів: частоти обертання гальмівного шківів, при яких починалася початкова та заключна стадії гальмування; число гальмувань за одиницю часу (за годину); питомих навантажень у зовнішніх та внутрішніх фрикційних вузлах, а також гальмівних моментів, які вони розвивали. Бралися до уваги конструктивні параметри фрикційних вузлів гальма: радіуси робочих поверхонь, ширина і товщина гальмівної стрічки, фрикційних накладок та гальмівного шківів; відстань між фрикційними накладками; кути обхвату шківів накладками і гальмівною стрічкою накладок; зазори між зовнішньою поверхнею фрикційних накладок і внутрішньою поверхнею гальмівної стрічки. При цьому враховувалися термодинамічні параметри повітря, що циркулює між елементами фрикційних вузлів гальма.

Експериментальні дослідження теплової навантаженості модельного стрічково-колодкового гальма з обертальними фрикційними накладками проводилися при циклічному режимі навантаження його фрикційних вузлів при натягу збігаючої гілки гальмівної стрічки $S_3=800$ Н.

ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ БАРАБАННО-КОЛОДОЧНЫХ ТОРМОЗОВ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ

Петрик А.А., Вольченко Н.А.,

Кубанский государственный технологический университет, Краснодар, Россия

Волощук В.В.,

Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа, Ивано-Франковск

Все возрастающие объемы перевозок автомобильными транспортными средствами, связанными с технологическими процессами горно-металлургического комплекса, требуют эффективной и надежной работы их барабанно-колодочных тормозов. Известно, что существенное влияние на эксплуатационные параметры барабанно-колодочных тормозов оказывает их тепловая нагруженность. Для снижения последней фрикционные узлы тормозов необходимо принудительно охлаждать. Одним из нетрадиционных видов охлаждения фрикционных узлов барабанно-колодочных тормозов транспортных средств является термоэлектрический эффект снижения поверхностных температур их пар трения.

Схемы установки и подключения термобатарей в тормозных колодках тормоза зависят от их количества и от кинематической схемы тормозного механизма в частности подвижными или неподвижными являются фрикционные накладки.

В серийном барабанно-колодочном тормозе транспортного средства небольшой грузоподъемности термобатареи устанавливаются в тормозные колодки как со стороны защемления обода с фланцем, так и со стороны его свободного края.

В барабанно-колодочном тормозе, содержащем неподвижные и подвижные фрикционные накладки, вмонтированные в тормозные колодки, в неподвижные фрикционные накладки вмонтированы термобатареи, а в подвижные фрикционные накладки на глубине их допустимого износа установлены пластинчатые термопары с выводами в виде термоэлектродов, являющиеся термоэлектрогенераторами.

Термоэлементы, установленные в тормозных колодках со стороны защемления обода барабана с фланцем, работают в режиме термоэлектрогенератора, а термоэлементы, установленные с противоположной их стороны – в режиме термоэлектророзогревателя.

В транспортных средствах большой и особо большой грузоподъемности, снабженных тормозными механизмами с серводействием и имеющими дополнительный и основной тормоз, необходимо применять автономные системы для охлаждения их пар трения. В дополнительном тормозе в самоприжимной тормозной колодке по ее краям установлены пластинчатые термопары, а в самоотжимной тормозной колодке – термобатареи.

В рассмотренных конструкциях барабанно-колодочных тормозов охлаждение проводится термобатареями, работающими как в режиме термоэлектрогенераторов, так и термоэлектророзогревателей.

ЗАЩИТА ОТ ВЗАИМНОГО ЗАКЛИНИВАНИЯ ОЧИСТНОГО КОМБАЙНА И СКРЕБКОВОГО КОНВЕЙЕРА

Петров А.Г., Украинская инженерно-педагогическая академия, Стаханов

В числе аварийных ситуаций в очистных забоях угольных шахт, характерных для эксплуатации агрегатированной системы “очистной узкозахватный комбайн–забойный скребковый конвейер”, значительное место занимают ситуации, связанные с заклиниванием негабаритных предметов между тяговым органом конвейера и корпусом очистного комбайна.

Возникновение аварийных ситуаций обусловлено малым расстоянием между днищем корпуса комбайна и раштачным ставом конвейера, составляющем не более 150...200 мм, а также значи-

тельной величиной свободного выбега ТО конвейера (5...6 м), что способствует продолжению развития аварии при заклинивании после защитного отключения привода.

Заклинивание в системе “очистной комбайн–скребковый конвейер” приводит к выходу из строя очистного оборудования, значительным потерям рабочего времени, связанного с восстановлением его работоспособности, и травмированию обслуживающего персонала.

Тяжелые последствия аварийных отказов и высокий уровень травматизма привели к необходимости создания средств защиты.

Выполненный анализ позволил установить, что система защиты от заклинивания должна включать: датчик, сигнализирующий о возникновении аварийной ситуации, и аппарат, обеспечивающий экстренное торможение приводов скребкового конвейера.

Выбор параметров и расчет конструктивных элементов устройства выполнены на основании теоретических исследований динамического состояния системы “очистной комбайн – скребковый конвейер”.

При теоретических исследованиях ТО скребкового конвейера совместно с перемещаемым грузом, равномерно распределенным по длине, представлен как многомассная система в виде последовательности n сосредоточенных масс, соединенных упруго-вязкими связями Кельвина – Фойгта. При решении системы дифференциальных уравнений варьировались следующие параметры: величина тормозного тока, длина и угол установки конвейера, а также величина его загрузки. Адекватность математической модели с реальной машиной подтверждена результатами стендовых и промышленных испытаний.

В результате моделирования получены механические характеристики привода скребкового конвейера с применением гидромолоты, работающей в обгонном режиме, установлены закономерности изменения момента, передаваемого гидромолотой, при различной интенсивности торможения для вариантов различной загрузки и длины конвейера, определены основные параметры устройства защиты.

Установлено, что величина тормозного тока должна быть не более 5...6-кратного значения номинального тока двигателя, при этом путь торможения ТО конвейера не превышает 0,3...0,4 м. С целью снижения динамических нагрузок на трансмиссию и ТО скребкового конвейера необходимо обеспечить одновременное (с рассогласованием не более 0,2...0,4 с) торможение всех приводных электродвигателей конвейера.

Разработана конструкция аппарата торможения, построенного на принципе электрического индукционно-динамического торможения и датчика негабаритов контактного типа. При достаточной простоте конструкции и помехоустойчивости датчик негабаритов в полной мере обеспечивает надежный контроль размеров негабаритных грузов по всей ширине става, что сводит к минимуму возможность “ложных срабатываний”. Определена наиболее приемлемая величина усилия противодействия чувствительных элементов датчика, равная 0,2...0,3 кН, что позволяет производить восстановление работоспособности датчика негабаритов после срабатывания защиты вручную и исключает возможность травмирования человека при его попадании на конвейер.

ПОИСК МЕСТА ЗАКЛИНИВАНИЯ ТЯГОВОГО ОРГАНА СКРЕБКОВОГО КОНВЕЙЕРА С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА ПРОБНОГО ПУСКА

Корнеев С.В., Сафонов В.И.,

Украинская инженерно-педагогическая академия, Стаханов

Традиционные методы поиска места стопорения тягового органа (ТО) скребкового конвейера на непреодолимом препятствии, не имеющем визуального обзора и находящемся в труднодоступных местах, например, на нижней ветви ТО, замкнутого в вертикальной плоскости, или же на верхней ветви под слоем транспортируемого груза, сопряжены с тяжёлым ручным трудом и со значительными затратами времени.

При рассмотрении проблемы поиска с позиций динамики горных машин установлено, что характер переходных процессов в силовой системе конвейера и статических режимов работы на упор определяется динамическими параметрами системы, в том числе длиной участка ТО между приводной звездочкой и местом стопорения.

Для установления координаты места стопорения ТО на сосредоточенном препятствии предлагается метод пробного пуска (МПП), применение которого для конкретного конвейера возможно при наличии предварительно установленных зависимостей и взаимосвязей координаты стопорения с диагностическими признаками, характеризующими динамические параметры системы при работе привода на упор и полученными компьютерным моделированием в вероятностном плане с использованием всей имеющейся информации о данном конвейере и о горнотехнических условиях его эксплуатации. На основании диагностических признаков осуществляется прогноз координаты места стопорения, точность которого определяется полнотой и достоверностью информации. Для более полного использования достоинств МПП представляется перспективным разработка микропроцессорного обеспечения, позволяющего производить мониторинг технического состояния конвейера и условий его эксплуатации.

В результате прогнозирования места стопорения ТО и оценки экономической эффективности процесса поиска установлено, что применение МПП по сравнению с традиционным методом «половинного деления» позволяет достичь существенного, более чем в 2 раза, сокращения времени поиска для конвейера СП250.11 в типичных условиях эксплуатации.

Таким образом, МПП позволяет осуществить экономически выгодный поиск места стопорения ТО при не вполне достоверной или неполной информации об условиях эксплуатации и технических характеристиках конвейера и является одним из действенных факторов повышения ремонтно-пригодности скребкового конвейера и производительности очистного забоя.

НОВЫЙ СПОСОБ МОНТАЖНОГО НАТЯЖЕНИЯ ТЯГОВОГО ОРГАНА ЗАБОЙНЫХ СКРЕБКОВЫХ КОНВЕЙЕРОВ

Корнеев С.В., Варченко Ю.Э., Сафонов В.И.,
Украинская инженерно-педагогическая академия, Стаханов

Монтажное натяжение цепного тягового органа (ТО) забойных скребковых конвейеров обычно осуществляется их приводом со стопорением цепей стопорной колодкой относительно рештачного става, т.е., по сути, в результате пуска на заклиненный ТО. К недостаткам такого способа натяжения следует отнести чрезмерные динамические нагрузки в элементах ТО, и, как следствие, повышенную вероятность порыва цепей, особенно изношенных в процессе длительной эксплуатации. Кроме того, стопорная колодка, обладающая односторонней удерживающей способностью, при порыве ТО под воздействием обратного удара цепи может мгновенно и неконтролируемо перемещаться, что представляет опасность для обслуживающего персонала.

Для устранения отмеченных недостатков предлагается новый способ натяжения с взаимным замыканием ветвей ТО в вертикальной плоскости. Для снижения динамических нагрузок в ТО, при реализации нового способа рабочая и холостая ветви конвейера соединяются перемычкой через продольный вырез в днище специального рештака, расположенного в непосредственной близости от приводной звездочки. Привод конвейера реверсируется и кратковременными включениями двигателей производится натяжение ТО. При этом усилие натяжения, развиваемое приводом, через перемычку передается одновременно рабочей и холостой ветвям, равномерно распределяясь между ними. Обратное движение привода и ветвей цепи под влиянием упругой реакции силовой системы конвейера предотвращается храповым механизмом, установленном на одном из валов редуктора.

Применение нового способа монтажного натяжения, например, на конвейере СП250.11, позволяет в результате перераспределения усилий в холостой и рабочей ветвях повысить вероятность безотказной работы конвейера в 1,9 раза. Это дает вероятностный экономический эффект, отнесенный к единичной операции натяжения порядка 4400 грн. Отношение числа отказов нижней ветви к числу отказов верхней ветви в случае базового способа составляет 1,17, тогда как для нового способа – 1,06. Уменьшение удельного веса отказов нижней ветви способствует снижению трудоемкости ремонта ТО и продолжительности простоев оборудования, а исключение концевых стопорных приспособлений – повышению безопасности труда.

ТЕХНОЛОГИЯ ОТРАБОТКИ РУД В ЗОНАХ ВЛИЯНИЯ ВЫРАБОТАННОГО ПРОСТРАНСТВА

Хоменко О.Е., Национальный горный университет, Днепропетровск

Ближайшая перспектива подземного Кривбасса – постепенное наращивание рудниками объемов производства. Решение этой задачи возможно за счет вовлечения в разработку ранее законсервированных запасов богатых руд (ЗЗ). Располагаясь в охранных целиках технологических и народно-хозяйственных объектов, они сосредотачивают порядка 26% запасов бассейна, что составляет более 164 млн. т [1].

Новизной выполняемых исследований является оценка влияния выработанных пространств (ВП), образованных за счет отработки основных продуктивных запасов на ЗЗ.

Аналитическое моделирование производили термодинамическим методом для ВП, имеющих и не имеющих выход на земную поверхность. Изменение напряженности во вмещающем массиве пород и руд оценивали по изолиниям полей напряжений в пределах зоны влияния ВП. Физическое моделирование выполнялось на эквивалентных материалах.

Полученные результаты хорошо сопоставимы с данными исследований ГНИГРИ [2], выполненных для основных продуктивных запасов бассейна, то есть для запасов богатых руд, находящиеся под выработанным пространством.

Результаты исследований позволяют прогнозировать влияние ВП рудника. Степень влияния ВП на параметры конструктивных элементов систем разработки оценивали по изменению запаса прочности массива. Взаимное расположение зон влияния позволяет определять рациональные параметры проведения подготовительных выработок. В местах ведения подготовительных или очистных работ предлагается ситуационное управление состоянием массива горных пород, перемещением разноименных областей напряжений. Перемещение производится с помощью разрушения породных целиков между ВП, образованием разгрузочных полостей, принудительным сдвижением налегающих пород и др. Предлагаемые мероприятия позволяют осуществлять ресурсосбережение при доработке основных продуктивных и разработке законсервированных запасов Криворожского бассейна.

Библиографические ссылки

1. Колоколов О.В., Хоменко О.Е., Бондарев В.Б. К обоснованию рациональной отработки законсервированных запасов подземного Кривбасса // Науковий вісник НГА України. – 2001. – № 1. – С. 7-10.
2. Цариковский В.В. Геомеханические основы определения параметров систем разработки крутопадающих железорудных месторождений: Дисс. докт. техн. наук. – Днепропетровск: ИГТМ АН Украины, 1991. – 459 с.

ИССЛЕДОВАНИЯ ФРИКЦИОННЫХ КОЛЕБАНИЙ ПИТАЮЩИХ КАТУШЕК КАНАТОВЬЮЩИХ МАШИН

Хромов В.Г., Бохонский А.И., Хромов Е.В.,
Севастопольский национальный технический университет, Севастополь

Из опыта эксплуатации свивающих машин известно, что натяжение прядей при работе машины зависит не только от первоначально установленного тормозного момента, но и от многих других факторов: качества намотки пряжи на катушку, биения распределительного шаблона и преформатора, скорости вращения ротора и др. Величина натяжения может колебаться в широком диапазоне, что отрицательно влияет на качество каната и устойчивость процесса свивки. Разработанные на кафедре технической механики и машиноведения Севастопольского национального технического университета математические модели позволяют выполнять теоретический анализ влияния крутильных колебаний питающих катушек на динамические изменения натяжения.

В докладе приведены результаты исследования влияния скорости вращения ротора канатовьющей машины на колебания натяжения прядей.

Дифференциальное уравнение движения отдельной катушки при наличии фрикционного тормоза и эксцентриситета центра масс имеет следующий вид:

$$J\ddot{\varphi} = -c \cdot \varphi \cdot \frac{D_1^2}{4} - \text{sign}(\dot{\varphi} - \omega) N_0 (e^{f\alpha} - 1) \frac{D_T}{2} + m g e_k \cdot \cos(\omega t).$$

Данное уравнение существенно нелинейное. Для его решения использован численный метод Рунге – Кутта IV порядка.

В частном случае, когда отсутствует эксцентриситет катушки дифференциальное уравнение движения принимает вид:

$$J\ddot{\varphi} = -c \cdot \varphi \cdot \frac{D_1^2}{4} - \text{sign}(\dot{\varphi} - \omega) N_0 (e^{f\alpha} - 1) \frac{D_T}{2}.$$

Решение выполнялось применительно к канатной машине типа С-6/800 для следующих исходных данных: в зависимости от длины ($l = 2-12$ м) и конструкции пряди коэффициент жесткости $c = (4-24) \cdot 10^5$ Н/м; наружный диаметр сматывания пряди с питающей катушки $D_1 = 0,75$ м; величина среднего технологического натяжения пряди $F_H = 300$ Н; максимальная скорость вращения ротора канатовьющей машины $n = 300$ об/мин; нелинейная характеристика трения скольжения $f = f(\omega)$ для сизалевого веревки получена на основе лабораторных экспериментов; диаметр тормозного диска $D_T = 0,4$ м.

Результаты численных экспериментов для различных значений скорости вращения ротора представлены в виде графиков зависимостей силы натяжения пряди F_H от времени t .

Расчеты показали, что при $n = 110$ об/мин (соответствует минимуму характеристики трения $f(\omega)$) на протяжении всего процесса свивки наблюдаются незатухающие автоколебания с постоянной амплитудой. При этом коэффициент динамичности $\kappa_d = F_{max}/F_c \approx 2$, где F_{max} – максимальное значение силы натяжения (амплитуда); F_c – среднее значение силы натяжения.

При скорости вращения канатовьющей машины $n = 200$ об/мин, соответствующей возрастающему участку характеристики трения, автоколебания носят затухающий характер. В рассматриваемом примере колебания силы натяжения исчезают через 10 с.

На основании выполненных расчетов можно сделать вывод, что в рабочем диапазоне скорости вращения (150-300 об/мин) ротора машины С-6/800 стабильный процесс свивки каната (отсутствуют автоколебания питающих катушек) возможен в случае использования тормозного элемента из сизали. Для полипропиленового тормозного элемента указанный диапазон скорости соответствует падающему участку характеристики трения, и работа канатовьющей машины может сопровождаться незатухающими крутильными колебаниями катушек.

УДК 621. 891

ШЛЯХИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ ПІДШИПНИКОВИХ ВУЗЛІВ ПОДРІБНЮВАЧІВ ГРАНІТУ

Костецька Н.Б., Ярошенко В.Ф.,
Національний аграрний університет, Київ

Питання підвищення надійності і довговічності машин і механізмів, поліпшення технічного сервісу висуваються на перший план у зв'язку з дефіцитністю запасних частин, мастильних матеріалів, підвищення їхньої вартості. Для механізмів, що переробляють нерудні будівельні матеріали, особливо актуальним є подовження терміну служби окремих вузлів і, в першу чергу, підшипникових.

Найбільш відповідальними підшипниковими вузлами щокочових дробарок є великогабаритні підшипники кочення, встановлені на головному валу і шатуні. Довговічність підшипників багато в чому залежить від дотримання умов експлуатації, зокрема, умов мащення. Аналіз умов роботи підшипників щокочових дробарок по виробництву щебеню в господарствах Укראгропромбуду України показав, що в більшості випадків порушуються експлуатаційні рекомендації заводів-виготовлювачів. При застосуванні рекомендованої системи мащення довговічність підшипників

відповідає паспортним даним. При заміні мастил на випадкове густе (солідол) довговічність підшипників знижується в середньому в 5...7 разів і складає близько 2000 годин.

Стає очевидним, що одним з найбільш доступних способів підвищення зносостійкості і термінів служби підшипників є раціональний підбір мастильних матеріалів. Густі і напіврідкі мастильні матеріали, що мають підвищену протизадирну і фретингостійкість підбиралися з числа, вироблених в Україні: Литол-24, Униол-2, Долотол Н, Долотол НУ, Шрус-4, трансол-200, трансол-300. Для порівняння були взяті традиційні товарні мастила: солідол С, індустріальне ИП-1, графітна УСА.

У роботі застосована комплексна методика дослідження процесів тертя і зносу, загальноприйнята при структурно-енергетичному підході з залученням методів системного аналізу.

Розроблено методику паспортизації відпрацьованих підшипників кочення подрібнювачів граніту. Визначення протизносних і протизадирних трибологічних характеристик мастил проводилося за методикою НПО "Масма". За ГОСТ 9490-75 визначали P_K – критичне навантаження переходу до пошкодження; P_C – навантаження зварювання.

Запропоновано використання густих і напівгустих мастильних матеріалів типу Трансол, Долотол, які виготовляються на нафтопереробних заводах України, взамін дефіцитних рідких, рекомендованих заводами-виготовлювачами машин, з метою полегшення і поліпшення сервісних робіт та подовження строку служби підшипників.

ВЫБОР ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ШАХТНЫХ ЛОКОМОТИВОВ С КОМБИНИРОВАННЫМ ПРИВОДОМ

Таран А.А., АО "Днепротяжмаш", Днепропетровск

В данной работе на основании введенного функционала качества определяется степень совершенства локомотива с комбинированным приводом имеющего дополнительную футерованную полимером колесную пару. Определены условия минимума функционала качества позволяющие решить задачу оптимизации по выбору сцепной массы дополнительной футерованной колесной пары локомотива при заданном коэффициенте сцепления и уклоне пути.

К основным параметрам шахтных локомотивов относят сцепную массу, силу тяги, скорость движения и коэффициент тяги, которые нельзя считать независимыми. Сцепная масса регламентирована типажным рядом, а сила и скорость определяются характеристикой двигателя, сцепной массой и коэффициентом тяги. При ограничениях, накладываемых на габариты, жесткую базу электровоза, типовыми электродвигателями и конструктивными решениями ходовой части и компоновки привода существенно ограничена область поиска оптимальных параметров шахтных локомотивов. Поэтому существующий на практике расчет сводится к выбору состава по сцеплению, торможению и проверки его по нагреву двигателей для заранее принятого типа локомотива.

Более широкие возможности поиска рациональных параметров локомотива несут его секционное построение, применение ходовой части с дополнительной колесной парой футерованной полимером.

При таком подходе определяющим показателем эффективности работы локомотива можно считать его функционал качества, который представляет отношение энергозатрат локомотива к массе состава.

Представленные зависимости функционала качества шахтного локомотива позволяют заключить, что минимальные значения функционала достижимы для комбинированного привода, нагрузка на ось с футерованными колесами до 40 кН, при больших нагрузках минимальные значения функционала осуществимы для локомотива со стальными колесами. На стадии проектирования или при решении технологических задач в конкретных горно-технических условиях, можно построить компоновку локомотива с комбинированным приводом, удовлетворяя минимуму функционала качества. Из этого же условия находят сцепную массу локомотива, так как она может быть выражена через силу тяги и коэффициент тяги с помощью известной зависимости.

При использовании комбинированного привода локомотива и снятом ограничении на мощность двигателя сцепная масса, по условию минимума функционала качества, может быть уменьшена до необходимой нагрузки на стальную колесную пару по условию устойчивости от схода локомотива

с рельсового пути. Рост численного значения функционала при больших значениях нагрузки на футерованную колесную пару объясняется увеличением относительного скольжения и сопротивления футерованных колес. Функционал качества при увеличении сопротивления движению гиперболически возрастает.

Таким образом, приведенные зависимости и график позволяют решить задачу оптимизации по выбору сцепной массы локомотива с комбинированным приводом и необходимую нагрузку на ось футерованной колесной пары, обеспечивающие надежную работу и снижение энергозатрат при заданном коэффициенте сцепления и уклоне пути.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ НАСАДКИ МАГНИТНОГО ФИЛЬТРА, СОСТОЯЩЕЙ ИЗ РЕШЕТКИ ЖЕЛЕЗНЫХ ШАРОВ

Горобец О.Ю., Национальный университет пищевых технологий
Горобец С.В., Институт магнетизма Национальной академии наук Украины

Магнитные технологии применяются во многих областях как метод решения экологических проблем. Магнитные фильтры получили широкое распространение в металлургии, машиностроении, химической промышленности и биологии, используются для очистки жидких сред от ферромагнитных и слабомагнитных примесей.

Новый системный подход к выбору конструкции высокоградиентной ферромагнитной насадки (ВГФН) магнитного фильтра, состоящего из отдельных элементов (ферромагнитных шаров) обоснован теоретически. Параметры ВГФН рассчитаны на основе основных требований, предъявляемых к магнитным фильтрам:

принцип максимума отношения объема примесей, уловленных фильтром, к совокупному объему всех ферромагнитных шаров, составляющих ВГФН;

заданной тонкости очистки слабомагнитной фракции примесей;

заданной грязеемкости примесей, уловленных ВГФН за один цикл работы.

Объем примесей, уловленных отдельным элементом ВГФН, был оценен теоретически исходя из анализа силы трения для того, чтобы удовлетворить первое требование, которое дает оценку оптимального диаметра отдельного элемента ВГФН для заданной дисперсности, магнитной восприимчивости слабомагнитных примесей и других параметров системы.

Минимальное количество квадратных решеток отдельных элементов ВГФН было рассчитано методами теории вероятностей, чтобы удовлетворить второе требование. Вероятность захвата слабомагнитных примесей ВГФН была рассчитана, с учетом численного решения уравнений динамики для движения слабомагнитной частицы в вязкой жидкости в окрестности намагниченного ферромагнитного шарика.

Объем всех примесей, уловленных ВГФН в течение одного цикла работы, оценен с использованием результатов, полученных, чтобы удовлетворить первое требование. Следовательно, третье требование дает минимальное число квадратных решеток отдельных элементов ВГФН в ее составе, т.е. минимальное число квадратных решеток отдельных элементов ВГФН должно быть выбрано как наибольшее из двух чисел, полученных на основе второго и третьего требований.

Предложенная теоретическая модель позволяет получить структурные параметры ВГФН и может применяться для проектирования магнитных фильтров в различных отраслях. Более того, главные результаты предложенного подхода описывают качественно ВГФН, состоящую из отдельных элементов других форм.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ФОРМ ПРОСЕИВАЮЩИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЛЯ ГРОХОЧЕНИЯ РАЗЛИЧНОЙ КРУПНОСТИ МАТЕРИАЛА

Дятчин В.З., Дудченко А.Х., УкрНИПИпромтехнологии, Киев
Франчук В.П., Национальный горный университет, Днепропетровск

Экспериментально установлено, что криволинейная просеивающая поверхность вибрационного питателя-грохота повышает эффективность и производительность разделения сыпучего материала на классы за счет изменения скорости движения материала, активного перемешивания его слоев и увеличения вероятности контакта с ситом. При этом просеивающая поверхность должна быть каскадной, а кривизна каждого каскада увеличиваться от загрузочного участка к разгрузочному.

Для обеспечения рациональных скоростей движения кусков по криволинейному участку сита определены радиусы кривизны каскадов.

Для мелкокускового материала (крупностью $d = 5 - 20$ мм) рекомендуются эллиптические отверстия с соотношениями длины щели L и ширины щели l как $L = (2 - 2,5) l$ и $l = (0,8 - 1,0) d$.

Для средне- и крупнокускового материала просеивающая поверхность должна быть колосниковой с расширяющимися щелями, угол раствора которых не должен превышать $3-4^\circ$. При этом ширина щели с загрузочной стороны должна быть равной $(0,5-0,6)d$, на разгрузочном конце равной d , а длина щели L не должна превышать $(2,5-3,0)d$.

Для плоских сит с эллиптическими отверстиями рассмотрены просеивающие поверхности с криволинейными выступами, которые расположены между отверстиями и плавно сопрягаются в направлении движения сыпучего материала. Такие выступы позволяют ориентировать куски материала непосредственно в отверстия сита, повышая эффективность грохочения материала. Рассмотренные просеивающие поверхности демонстрируются рисунками и формулами для определения параметров сита.

УДК 622.647-868

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВИБРАЦИОННЫХ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ НА ДОБЫЧЕ И ПЕРЕРАБОТКЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Кошик Ю.И., Недельский А.Г., Дятчин В.З., УкрНИПИпромтехнологии, Киев

Вибровыпуск руды из блоков имеет существенное отличие от гравитационного выпуска. Применяемые при вибровыпуске машины активно воздействуют на горную массу, в результате чего она приобретает свойство текучести.

В результате многолетнего исследования вибровыпуска и создания вибромашин для нужд горнодобывающей промышленности, институтом УкрНИПИпромтехнологии создан параметрический ряд стационарных вибрационных питателей типа ПВГ и бункерных вибропитателей (ПВ и ПВБ).

Применение вибрационных питателей и схем вибрационного выпуска, доставки и погрузки руды в подземных условиях позволили механизировать один из наиболее трудоемких и опасных процессов добычи полезного ископаемого. Вибропитатели типа ПВГ нашли широкое применение на рудниках ВостГОКа и Кривбасса (Украина), ПО «Уралзолото» и Приаргунского комбината (Россия), Степногорского рудоуправления (Казахстан). Имеется опыт применения данных вибропитателей на угольных шахтах Донбасса.

Бункерные вибропитатели предназначены для работы на поверхностных комплексах шахт и обогатительных фабрик, на дробильно-сортировочных комплексах приготовления щебня и песка.

Взамен электромагнитных питателей создан вибропитатель ЖВБ-0,8/2,0 с плавным регулированием производительности выпуска материала за счет изменения вынуждающей силы инерционного вибровозбудителя без остановки его работы.

Перспективным направлением совершенствования вибропитателей типа ПВГ является упрощение их конструкции за счет замены двухвального вибровозбудителя на одновальный и введения в конструкцию упругой опоры буферных амортизаторов. В месте с тем эти изменения позволили повысить производительность питателя, увеличить его надежность и уменьшить металлоемкость.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СРЕДСТВ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ГИДРОПЕРЕДАЧИ ПРИВОДА ШАХТНОГО ЛОКОМОТИВА

Вернер И.В, Национальный горный университет, Днепропетровск

Привод шахтных локомотивов является наиболее тяжелонагруженным агрегатом, от параметров и системы управления которого зависит реализация тягово-тормозного усилия локомотивом и производительность локомотивной откатки в целом.

Замена механической передачи гидравлической обуславливается рядом преимуществ:

малыми габаритами и массой, малой инерционностью, простотой управления, высоким к.п.д., высокой надежностью.

Вместе с тем гидроприводу присущи недостатки:

зависимость его характеристик от вязкости рабочей жидкости, которая может изменяться как вследствие колебаний температуры в процессе работы гидропривода, так и вследствие колебаний температуры окружающей среды;

возможность загрязнения рабочей жидкости и влияние загрязненности на надежность работы гидропривода;

утечки рабочей жидкости через соединения с недостаточной герметизацией и влияние утечки на качество работы гидропривода; жесткие требования к точности изготовления подвижных деталей гидропередач;

повышенная пожароопасность паров рабочей жидкости гидропривода.

Оценить и учесть все критерии с высокой степенью точности позволяют системы автоматизированного проектирования. Они способны обеспечить автоматизированную поддержку всех этапов разработки сложных изделий и конструкций, включая проектирование, инженерный анализ и подготовку к производству. Это можно сделать благодаря виртуальному прототипу – интегрированному цифровому представлению изделия и его свойств, которое отражает пространственное взаимодействие компонентов и позволяет оценить работоспособность конструкции в целом. Виртуальный макет формируется по данным главной модели. Программное обеспечение виртуального макетирования, основанное на современных технологиях виртуальной реальности, позволяет заменить физический прототип изделия его виртуальным аналогом и в процессе компьютерного анализа электронного образца решить те задачи, для выполнения которых раньше требовались натурные испытания.

В отличие от физического макета, который может быть изготовлен только после завершения всех этапов проектирования и подготовки производства, виртуальный прототип создается сразу после выработки основных требований к изделию и формирования его концептуальной модели. Далее при детализации главной модели модифицируется и виртуальный прототип. Таким образом, процесс проектирования нового изделия сопровождается виртуальным макетированием, что позволяет проводить тестирование параллельно с разработкой и тем самым своевременно обнаруживать возможные ошибки и улучшить эксплуатационные характеристики.

В рамках подготовки производства, средства виртуального моделирования позволяют в реальном времени проконтролировать все технологические этапы изготовления узлов и сборок, оценить качество разработанной оснастки. Виртуальное макетирование расширяет возможности использования моделей изделий, распространяя их применение также на сферу маркетинга, продаж, сопровождения и обучения.

Моделирование показывает что несмотря на нецелесообразность использования гидравлической передачи на высокоскоростных и тяжелых локомотивах, применение их на шахтных локомотивах позволит устранить отрицательные явления недолговечности привода и повысить тяговые характеристики на сложных участках рельсового пути с изменяющимися характеристиками сцепления и нагрузками на колесные пары. Оптимизация параметров гидропривода производится из условия реализации максимального тягового усилия на сцепке для стальных и футерованных полимерным материалом колес с учетом динамической характеристики тягового двигателя при переходных режимах движения.

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВЗРЫВОЗАЩИТЫ НАГРЕВАЮЩИХСЯ ЭЛЕМЕНТОВ
РУДНИЧНОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ**

Иохельсон З.М.,

Макеевский государственный научно-исследовательский институт по безопасности работ
в горной промышленности, Макеевка

Обеспечение эффективной взрывозащиты нагреваемых элементов (НЭ) рудничного электрооборудования (РЭ) требует глубоких знаний основных механизмов, обуславливающих воспламенение метана в смеси с воздухом указанными элементами.

Несмотря на успехи в развитии физики, химии, физической химии, химической кинетики, до сих пор пользуются более или менее гипотетическими схемами, даже при рассмотрении такой простейшей химической системы, как $\text{CH}_4 + \text{O}_2$. В докладе представляется одна из вероятных гипотетических (виртуальных) схем окисления метана с частичным экспериментальным подтверждением. Объясняется роль тепловой энергии и индукционного периода в течении реакции окисления метана.

В связи с тем, что на течение реакции окисления метана может влиять множество факторов (температура, давление, влажность газа, примеси в нем и т.д.), естественны виртуальные пути развития указанной реакции, когда количественные изменения в течении ее могут обусловить различный качественный результат в промежуточных продуктах окисления рассматриваемого газа. Существуют различные теоретические воззрения на механизм окисления горючих газов, из которых наиболее приемлемы для объяснения процесса воспламенения метана являются перекисная теория окисления углеводородов акад. А.Н. Баха, цепная и тепловая теории акад. Н.Н. Семенова.

Анализ существующих экспериментальных данных показывает, что на условия воспламенения горючего газа нагретой поверхностью твердого тела влияет множество факторов, определяемых в основном условиями теплоотдачи от нагретого твердого тела горючему газу, что обуславливается физическими свойствами и состоянием нагретого твердого тела и горючего газа; условиями массообмена горючего газа у поверхности нагретого тела; химическими свойствами поверхности нагретого тела; химико-кинетическими свойствами горючего газа. Учет всех этих факторов математически представляет пока неразрешимую задачу. С учетом всех факторов получена эмпирическая зависимость минимальной предельной воспламеняющей температуры НЭ РЭ от их диаметров и длин.

Оптимальная концентрация метана в воздухе при воспламенении указанной горючей смеси от поверхностей НЭ РЭ находится в пределах 5,5-6,0%. Это связано с наличием большого индукционного периода при минимальных предельных воспламеняющих температурах НЭ, что требует избытка кислорода на каждую молекулу метана для обеспечения развития самоускоряющегося процесса окисления его.

На основании исследований, выполненных в МакНИИ, установлено, что взрывозащита окисляющихся НЭ в части воспламенения метана их нагретыми поверхностями может быть обеспечена для любого уровня взрывозащиты РЭ ограничением температур указанных НЭ до безопасных величин в длительном режиме работы (НЭ из меди – до 300°C, никеля – до 450°C, молибдена и вольфрама – до 500°C) и в кратковременном режиме работы (НЭ из меди, никеля и вольфрама – до 1000°C, молибдена – до 900°C) при условии снижения температур НЭ в кратковременном режиме работы до безопасных температур длительного режима работы. Воспламенение метана НЭ из молибдена и вольфрама происходит при температурах, превышающих 900 и 1000°C соответственно, обуславливающих интенсивное окисление указанных металлов с образованием пламени, в связи с чем в этом случае наиболее легко воспламеняется метано-воздушная смесь с содержанием метана $9,8 \pm 0,2\%$, близкая к стехиометрическому составу. При превышении температурами окисляющихся НЭ безопасных величин в длительном режиме работы взрывозащита этих элементов может быть обеспечена посредством устройств автоматического защитного отключения с временем отключения до 100 мс. При превышении температурами указанных элементов безопасных величин в кратковременном режиме работы взрывозащита этих элементов может быть обеспечена только посредством взрывонепроницаемых оболочек или равноценных видов взрывозащиты.

Исходя из тепловой теории горения и взрывов акад. Н.Н. Семенова предотвращение воспламенения метана от поверхностей НЭ может быть обеспечено за счет создания вокруг НЭ определенного тепломассообмена, при котором тепла из зоны реакции вокруг НЭ отводится больше, чем выделяется за счет реакции окисления метана, а продукты реакции тормозят распространение этой реакции на весь объем метана в смеси с воздухом вокруг устройства с НЭ. На этом принципе разработана взрывозащита инфракрасного излучателя (ИК-излучателя) с параболоидным отражателем, в фокусе которого находится нихромовая спираль, выдержавшего испытания на взрывозащищенность в МакНИИ.

Минимальные воспламеняющие и искробезопасные параметры электрических искр, возникающих в электрических цепях с НЭ при разрушении последних, с увеличением температуры искрообразующих электродов снижаются, что обусловливается прогревом взрывоопасной газовой среды электродами в зоне искрообразования и уменьшением доли энергии, отводимой электродами из электрического разряда.

УДК 621.771.06.5

ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В НАУКОВО-ДОСЛІДНІЙ РОБОТІ СТУДЕНТІВ НА КАФЕДРІ ТЕОРЕТИЧНОЇ МЕХАНІКИ ІНМЕТАУ

Мушенков Ю.А., Вишинський В.Т., Рахманов С.Р., Зданевич С.В.,
Національна металургійна академія України, Дніпропетровськ

Досвід організації та проведення науково-дослідної роботи студентів початкових курсів механічних спеціальностей вказує на необхідність проведення математичних експериментів на обраних моделях реальних машин з використанням сучасних мобільних комп'ютерних технологій. Ще в процесі виконання комп'ютерних розрахунково-графічних завдань (КРГЗ) та обробки результатів лабораторних робіт студенти, використовуючи ПК, основну увагу приділяють постановці задачі, розробці математичної моделі та алгоритму її дослідження. Так, при розв'язанні задач статички перевага надається матричним способам знаходження реакцій опор, оскільки цей апарат найбільш повно дозволяє студенту виявити взаємозв'язок як складових реакцій опор, так і їх вплив на формування стану рівноваги досліджуваного об'єкта.

При розв'язанні задач кінематики кафедрою широко використовуються графічні та анімаційні можливості програмного середовища MathCAD, які дозволяють провести процес дослідження візуально, що є дуже важливим для набуття досвіду прийняття рішень не тільки по одному результату, але й оцінки змінних кінематичних характеристик та їх взаємозв'язку.

При розв'язанні задач динаміки точки з використанням лабораторного устаткування «Дослідження руху матеріального тіла у речовинах, що дають опір руху цього тіла» використання традиційних "ручних" методів вимагає впроваджувати суттєві спрощення при формуванні математичної моделі, що знижує цінність дослідження; використання ж графічних можливостей програмного продукту MathCAD та його потужного аналітичного апарату дозволяє студенту за період часу, суттєво менший витраченого на отримання експериментальних даних, мати значення параметрів, які характеризують досліджувані речовини, та провести ряд вже машинних експериментів.

Дослідження динамічних особливостей роботи головного приводу прошивного стана трубопрокатного агрегату, приводу стана холодної прокатки труб, агрегату для подачі шихти стрічкової заправочної машини, руху екіпажу платформи шлаковоза, труборозривної машини, роликотарабанних і роликотарабанних моталок листових станів та інших в рамках прийнятих математичних моделей приводяться до розв'язання систем нелінійних диференціальних рівнянь, що дозволяє використовувати стандартні алгоритми таких програмних продуктів як MathCAD та MATLAB.

На прикладах розв'язання задач як у режимі виконання обов'язкової програми навчання, так і при проведенні науково-дослідних робіт студентів показано, що використання інформаційних технологій активізує навчальний процес, відкриває дуже дієві додаткові можливості збагачення та поглиблення знань та досвіду, яких набувають студенти вже на початковому етапі навчання.

РУДНИЧНЫЙ ВЗРЫВНОЙ ПРИБОР СО СПЕЦИАЛЬНЫМ ВИДОМ ВЗРЫВОЗАЩИТЫ НА ОСНОВЕ ЭПОКСИДНОГО КОМПАУНДА

Брюханов А.М., Мнухин А.Г., Манжос Ю.В., Иванилов В.Н., Антипин А.В., Иохельсон З.М.,
Макеевский НИИ по безопасности работ в горной промышленности, Макеевка

Рудничный взрывной прибор ВП-50(75) разработан в МакНИИ с учетом накопленного опыта эксплуатации взрывных устройств и приборов, применяющихся в настоящее время. В процессе разработки получены не применявшиеся ранее технические решения для снижения габаритно-массовых характеристик, повышающие безопасные свойства прибора.

Для исключения воспламенения взрывоопасной шахтной атмосферы от электрических частей рудничного электрооборудования применяются различные виды взрывозащиты, в том числе специальный вид взрывозащиты. Суть его сводится к обеспечению взрывозащиты следующими средствами:

заключением электрических частей электрооборудования в герметичную оболочку со степенью защиты IP-67;

герметизацией токоведущих частей электрооборудования конструктивными решениями или материалами, обладающими изоляционными свойствами (эпоксидный компаунд, герметики и другие), помещением в оболочку со специальными наполнителями, исключающими контакт электрических частей с взрывоопасной средой;

воздействием на взрывоопасную смесь, проникающими в оболочку электрооборудования, специальными устройствами или веществами для поглощения, флегматизации или снижения ее концентрации до значений, значительно меньших нижнего предела взрываемости;

ограничением времени действия источника инициирования взрыва или снижением воспламеняющей способности источника инициирования взрыва и т.п.

Представлены результаты экспериментальных исследований специального вида взрывозащиты, примененного для обеспечения взрывобезопасности взрывного прибора ВП-50(75), основанного на герметизации высоковольтных частей прибора эпоксидным компаундом.

Взрывной прибор ВП-50(75) относится к переносному рудничному взрывозащищенному электрооборудованию индивидуального пользования (уровень и виды взрывозащиты РВ Ив С X) и соответствует требованиям ГОСТ 12.2.059-81, ГОСТ 22782.0-81, ГОСТ 22782.3-77 и ГОСТ 22782.5-78. Конструктивно прибор представляет собой стальную оболочку. Специальный вид взрывозащиты прибора обеспечивается ограничением длительности взрывного электрического импульса до 4 мс при производстве взрывных работ, обеспечением герметичности с помощью заливки элементов электрической схемы эпоксидным компаундом УП-6 в соответствии с требованиями ГОСТ 22782.3-77.

В работе рассмотрены варианты инициирования взрыва метано-воздушной смеси через эпоксидный компаунд пережигаемыми медными проволоками диаметром 0,2 мм. В качестве источников энергии для пережигания медных проволок использовались конденсаторы, которые заряжались через диодный мост, подключенный к трансформатору, и лабораторный трансформатор. В цепи заряда конденсаторов и в цепи пережигаемой медной проволоки предусматривались контакты, которые были связаны между собой таким образом, что при заряде конденсаторов цепь с медной проволокой была разомкнута. После заряда конденсатора цепь с выпрямителем размыкалась и замыкалась цепь пережигаемой проволоки. В схеме пережигания медной проволоки от лабораторного трансформатора был предусмотрен амперметр, по которому устанавливался ток пережигания медной проволоки, определяемый на основании предварительных опытов.

Приведены результаты испытаний эпоксидного компаунда на механическую прочность при заливке им элементов схемы взрывного прибора. Испытания проводились в соответствии с требованиями ГОСТ 22782.0-81 ударом бойка, падающего вертикально с нулевой начальной скоростью с определенной высоты.

Кроме этого, отмечено, что герметизация внутренних взрывоопасных электрических цепей взрывного прибора, позволяет обеспечить минимальные регламентируемые пути утечки и элек-

трические зазоры между элементами искробезопасных и неискробезопасных цепей, входящих в состав прибора.

При разработке были использованы исследования МакНИИ по обеспечению искробезопасности химических источников тока, применяемых в подземных выработках шахт. По принципам работы ХИТ делятся на две группы: первичные элементы (элементы одноразового использования или гальванические батареи) и аккумуляторы.

В работе показано, что искробезопасность электрических цепей управления прибора ВП-50(75) обеспечивается применением гальванической батареи, внутреннее сопротивление которой без применения дополнительных конструктивных решений обеспечивает искробезопасную величину тока короткого замыкания, безреактивными параметрами самой искробезопасной цепи и гальваническим разделением искробезопасных и высоковольтных цепей прибора.

УДК 66.067; 628.16.067

ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ ЖИДКИХ СРЕД В ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПЕРЕДЕЛАХ

Рагулина Т.В., Харитонов В.П.,

Научно-исследовательский проектно-конструкторский институт «Параметр», Алчевск

Известно, что одним из эффективных способов разделения фаз потока «жидкость - твердые частицы» является гидродинамический способ с применением саморегенерирующихся систем двухстадийной очистки [1]. Составляющими таких систем очистки жидких сред от механических и техногенных примесей могут быть центробежно-гравитационные очистители (ЦГО) и гидромеханические фильтры (ФГМ) [2].

В данной работе, применительно к ЦГО, дан метод численно-аналитического расчета параметров поля скоростей несущего потока и частиц в потоке, а также траекторий движения частиц. В силу конструктивных особенностей рассматриваемых систем очистки движущийся в них поток носит двухпараметрический винтозакрученный характер. Показано, что, регулируя в таких системах параметры закрутки потока, можно интенсифицировать как процессы фильтрования (скорость разделения фаз потока и тонкость очистки), так и процессы саморегенерации фильтроэлементов более чем в 1,5-2 раза.

На основе полученных теоретических и экспериментальных данных сформулированы основы высокоэффективной ресурсосберегающей технологии двухстадийной очистки сильно загрязненных жидких сред. При этом фактически не накладываются какие-либо условия или ограничения на начальную загрязненность фильтруемой среды.

Разработанные и внедренные в производство на Алчевском металлургическом комбинате системы очистки производительностью 300, 400 и 1000 м³/ч и номинальной тонкостью очистки 0,1 и 0,6 мм соответственно, подтвердили как эффективность предложенной технологии, так и изделий для ее реализации. При этом срок окупаемости внедренных систем очистки составил менее одного года, а основные характеристики оказались лучше известных отечественных и зарубежных аналогов.

Библиографические ссылки

1. Кульский Л.А. Теоретические основы и технология кондиционирования воды. – К: Наук. думка, 1980.– 540 с.
2. Рагулина Т.В., Бревнов А.А., Харитонов В.П. Интенсификация разделения фаз «жидкость-частицы» в ЦГО закруткой потока: Труды 1X Междунар. науч.-техн. конф. «Экология и здоровье человека. Охрана водного и воздушного бассейнов».–Харьков, 2001.–Т.3.–С. 703-708.

**СОЦИАЛЬНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ МОТИВЫ АДАПТАЦИИ
ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ К СОВРЕМЕННОСТИ**

Алимов В.И., Матвеев Г.П., Кондрацкий В.Л., Алимова С.В.,
Донецкий национальный технический университет, Донецк

Невостребованность современного специалиста с первично полученным образованием может поставить под сомнение целесообразность массового высшего образования. Альтернативными аргументами являются: первичную специальность можно адаптировать к текущей современности усовершенствованием знаний и переквалификацией; любое первичное образование это способ занятости части общества; любое образование это повышение степени интеллекта индивидуума и общества; образование это гарант стабильности любой общности; образование это увеличение стартовых возможностей общности в будущее.

Основы знаний влиянию времени не подвластны. Адаптация в том и заключается, что, усвоив их, специалист должен адекватно меняться синхронно совокупным условиям современности – теперь это уже аксиома.

Структурный состав адаптирующихся специалистов неоднороден как по уровню своей первичной подготовки и практической деятельности, так и по движущим мотивам.

Социальные условия и их непредсказуемые изменения являются наиболее мощным побудителем, подталкивающим к принятию решения о переподготовке. При этом крайним выражением ее является приобретение, по сути, новой специальности, часто совершенно не связанной с первичной и имеющей с ней в качестве общего знаменателя лишь общеобразовательные фундаментальные основы знаний: это наиболее уязвляющий стимул, часто заставляющий менять устоявшийся уклад деятельности и жизни. Менее болезненным является вариант, когда приобретаемая вновь специальность опосредованно связана с первичной и является как бы базовой для процесса переподготовки.

Более «мягкая» мотивировка переподготовки с целью адаптации специалиста к современности носит психологический характер.

Базовая специальность требует постоянного обновления и дополнения. В связи с этим переподготовка производится как дополнение к уже имеющимся знаниям и умениям: это прежде всего компьютерная и языковая переподготовка, да и сама психологическая подготовка, все более занимающая в обществе свое достойное место. Освоение новых методик и работы на новом оборудовании – это также естественный процесс, побуждаемый субъективно и жизнью. Более масштабная подготовка по полученной ранее специальности составляет основу конкретного прагматизма, движущего адаптацией к нестандартно меняющимся условиям. Переподготовка может производиться и в более узком направлении путем выполнения специализированной квалификационной работы.

Наиболее несовершенной с точки зрения адаптации к современности и результативности является силовая переподготовка, к сожалению, еще имеющая место в проявлениях бюрократической составляющей действующей системы образования.

Осмысление мотивации адаптации инженерного образования к современности поможет разделять переподготавливаемых на классификационные группы, требующие своего подхода, плавно меняющегося в смежных группах и существенно – в крайних.

ДО ЕКОЛОГІЧНОЇ ПРОГРАМИ РОЗВИТКУ ГІРНИЧОВИДОБУВНОЇ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ

Бузило В.І., Горова А.І., Долинський В.А., Скворцов В.О., Ковров О.С.,
Національний гірничий університет, Дніпропетровськ

На виконання “Концепції переходу України до сталого розвитку”, яка передбачає гармонійний еколого-економічний та соціальний розвиток промислових регіонів розроблено *Основні положення екологічної програми розвитку гірничовидобувної галузі*. Програма узгоджена з світовими чин-

ними нормативними документами в галузі охорони навколишнього природного середовища та ідеями, декларованими главами держав на конференції з глобальних екологічних проблем людства (Ріо-де-Жанейро, 1992).

Теоретичними основами вирішення екологічних проблем в гірничовидобувній галузі є: вчення В.І. Вернадського про біосферу та роль колективного розуму в перетворенні та збереженні природи;

уявлення про вичерпаність родовищ твердих корисних копалин біогенного походження та потребу їх раціонального використання;

уявлення про екологічні проблеми людства у взаємодії суспільства та природи, які в зв'язку з деградацією біогенних та абіогенних компонентів біосфери породжують небезпеку для виживання людства.

Основні положення екологічної програми розвитку гірничовидобувної галузі України орієнтована на розробку фундаментальних междисциплінарних екологічних проблем у гірничовидобувній галузі сумісними зусиллями природничих, технічних та суспільних наук і складається з 4 блоків:

1. Формування екологічних основ освоєння нових родовищ корисних копалин.
2. Формування наукових основ екологізації діючих гірничих виробництв.
3. Захист довкілля від забруднення у виробничих зонах гірничих підприємств та на прилеглих територіях.

4. Комплексна оцінка стану довкілля в регіонах закриття нерентабельних гірничих підприємств.

Виконання заходів передбачених цією програмою створює можливості прийняття ефективних управлінських рішень в гірничовидобувній промисловості щодо оптимального розвитку галузі з мінімальним впливом на об'єкти навколишнього середовища і здоров'я людини.

To execute "Conception of Ukraine transition to sustainable development", which envisage harmonic ecological-economical and social development of industrial regions the *Main theses of ecological program of mining development* was worked out. The program is co-ordinated with acting normative documents in the sphere of environmental protection and with ideas, which was declared by the leaders of governments on the conference concerning world environmental problems (Rio de Janeiro, 1992).

Theoretical basis of resolving of environmental problems in mining are concluded in:

teaching of Vernadsky V.I. about biosphere and role of collective mind in transition and saving of environment;

idea about exhaustion of mineral deposits and necessity of their rational use;

idea about environmental problems of mankind in interaction society and nature which owing to degradation of biosphere components represent danger for human surviving.

Main theses of ecological program of mining development of Ukraine is directed on elaboration fundamental interdisciplinary ecological problems in mining by common efforts of technical, biological and social sciences and consists of 4 blocks:

Formation of ecological fundamentals of new mineral deposits exploration;

Formation of scientific basis of ecological optimization of acting mining enterprises;

Environmental protection from pollution in industrial regions of acting mining enterprises;

Complex estimation of environmental condition in regions of closed mining enterprises.

Execution of measures envisaged by this program creates possibility of effective management in mining and optimal industrial development with minimal impact on the objects of environment and human health.

ПОРІВНЯЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РЕАГЕНТІВ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ОЧИЩЕННЯ ШАХТНИХ ВОД ВІД МЕХАНІЧНИХ ДОМІШОК, ЯКІ ВИЗНАЧАЮТЬ ФАКТОРИ ЗАБРУДНЕННЯ НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА ГІРНИЧИМ ПІДПРИЄМСТВОМ

Бондаренко Н.К., Єфімов В.Г., Резніков М.Г.,
Донецький національний технічний університет, Донецьк

У лабораторних умовах кафедри “Природоохоронна діяльність” здійснені дослідження різних реагентів з метою інтенсифікації процесу освітлення шахтних стічних вод. Для порівняння використовувались: флокулянт “Штокополь” виробництва фірми “Штокхаузен” (Німеччина), а також сірчаноокислий алюміній $[Al_2(SO_4)_3]$ та гранульований поліакриламід вітчизняного виробництва, широко застосовувані у вугільній промисловості.

Для проведення випробувань використовувались води шахт імені М. Горького та ім. А.Ф.Засядька ДХК “Донвугілля” як найбільш характерні для умов Донбасу. Реагент “Штокополь” – синтетичний полімер, до складу якого входить 95% активної речовини та 5% вологи, білий дрібнозернистий сульфатний. Гранули зеленуватого кольору більше 8 мм, ТУ 95-64-71. Вміст основної речовини – 65%. Сірчаноокислий алюміній $[Al_2(SO_4)_3]$ – ГОСТ 12966-67. Вміст головної речовини – 15%. Для проведення випробувань також взято води шахт імені М. Горького, а також імені А.Ф.Засядька.

Фракційний склад механічних домішок шахтних вод – тонкодисперсний, фракцій < 50 мкм у них 92,6%.

Досліджувався також вплив вказаних реагентів на ступінь ущільнення осадів шахтних вод.

У результаті проведених досліджень встановлено: дія реагента “Штокополь” виробництва Німеччини на процес освітлення шахтних вод Донбаса відповідає дії ПАА вітчизняного виробництва. Однаковий ефект освітлення води досяг при дозах реагентів: “Штокополь” – 0.2-0.4 мг/л, ПАА – 0,6-0,1 мг/л та сірчаноокислого алюмінію – 40-100 мг/л.

Ефективність дії реагенту “Штокополь” на ступінь ущільнення механічних домішок у шахтних водах при концентрації їх 5,10 та 15 мг/л не перевищує дії ПАА.

ИССЛЕДОВАНИЕ СДВИЖЕНИЯ ПОРОДНЫХ СЛОЕВ НАД ОЧИСТНЫМИ ВЫРАБОТКАМИ ПОЛОГИХ ПЛАСТОВ

Лобков Н.И., Донецкий национальный технический университет, Донецк

Характер сдвижения породных слоев над выработанным пространством лав в значительной мере определяет надежность работы добычных участков угольных шахт. Изучение механизма взаимодействия слоев дает возможность прогнозировать поведение кровли в процессе выемки угля, а значит определять рациональные параметры очистных работ, обеспечивающие надежную работу лав.

В настоящее время изучению этой проблемы уделяется постоянное внимание.

Проведен большой объем натурных, лабораторных, аналитических исследований поведения породного массива. Натурные исследования Ж.М. Конлыбаевой, Ф.И. Клиновицкого, И.В. Хохлова и других ученых дают четкую картину образования над выработанным пространством лав зон обрушения пород, трещиноватости, плавного прогиба, очередности сдвижения породных слоев, механизма формирования опорного давления. Лабораторные исследования на моделях из эквивалентных материалов подтверждают полученную картину.

Результаты комплексных исследований позволили установить механизм сдвижения породных слоев над выработанным пространством, основой которого является разделение массива на группы слоев, в которых более прочный слой несет на себе пригрузку вышележащих менее прочных слоев. Эти группы слоев прогибаясь, формируют опорное давление на призабойную часть пласта, а также на подготовительные выработки, определяя характер разрушения и обрушения пород кровли.

Установленные углы изгиба и обрушения слоев позволяют определить число слоев, участвующих в формировании опорного давления, что позволяет рассчитывать его величину в пределах выемочного поля лавы, и, таким образом, прогнозировать поведение пород кровли.

УДК 621.892.2

ПРИМЕНЕНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ФИЛЬТРОВ В ОБОРУДОВАНИИ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Финкельштейн З.Л., Бойко Н.З.,
Донецкий национальный технический университет, Донецк

Сепарация двухфазных жидкостей, в которых одна фаза твердая, – один из главных технологических приемов современной техники. Частный случай – очистка жидкостей от механических примесей. При достижении технически обоснованной чистоты жидкости в десятки раз увеличивается работоспособность механического оборудования, на 90% сокращается число аварий, в 5–10 раз уменьшается расход нефтепродуктов, идущих на рабочие жидкости, улучшается экологическая обстановка, появляются новые технологии.

К сожалению, существующие способы очистки не позволяют при разумных затратах обеспечить технически обоснованные нормы чистоты. Поэтому в документации на оборудование указывается чистота, которая ориентирована на технические возможности очистителей, а не на безизносную технологию.

Все существующие очистители имеют ограничения либо по тонкости очистки, либо по гряземкости, либо по роду жидкостей, либо по природе механических примесей, либо по размерам, либо по сложности обслуживания, либо по возможности удаления осадка и т.д.

Предложенные в Донбасском горно-металлургическом институте гидродинамические фильтры лишены многих из указанных недостатков, и в достаточно широких пределах позволяют добиться лучших показателей, чем традиционные очистители.

Основные преимущества этих фильтров:

- низкая стоимость и простота конструкции;
- непрерывная самоочистка фильтрующей поверхности;
- увеличение срока службы гидромашин и устройств на 20 – 50 %;
- отсутствие технического обслуживания и снижение затрат на очистку в 20 раз;
- стабильная тонкость очистки и постоянный перепад давления независимо от загрязненности поступающей жидкости.

Эти фильтры выпускаются и совершенствуются на протяжении 30 лет.

За это время накопился определенный опыт применения их в различных областях техники, в первую очередь в горно-металлургическом комплексе, который позволяет развивать гидродинамическое разделение двухфазных жидкостей.

УДК 339.138

МОДИФИКАЦИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ВАРИАЦИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

Худолей О.Г., Донецкий национальный технический университет, Донецк

На современном этапе развития базовых отраслей промышленности Украины рыночные отношения все более активно приникают и в угольную отрасль страны. Насколько такое положение можно считать правильным по отношению к стратегической во всех отношениях для Украины отрасли, это вопрос, на который нет однозначно правильного ответа.

В связи с развивающимися рыночными отношениями всем участникам угольного рынка необходимо решить ряд насущных вопросов, которые при командно-административной системе управления не были достаточно проработаны для условий угольной промышленности. Одним из таких вопросов, а точнее направлений, является оценка конкурентного преимущества угледобывающих шахт. Такая оценка необходима и руководителям шахт, и техническим и экономическим специалистам объединений и министерств, и, конечно же, потенциальным инвесторам. В связи с

тем, что государственное финансирование угольной промышленности с каждым годом снижается, сторонние инвесторы начинают играть все более заметную роль во всех аспектах функционирования шахт. И, естественно, кто, как не они, нуждаются в объективной и научно обоснованной оценке конкурентоспособности инвестируемых шахт.

В общем случае под конкурентоспособностью предприятий понимается способность предприятия эффективно работать в условиях конкуренции, т.е. способность производить конкурентоспособный продукт наиболее полно удовлетворяющий потребностям и запросам потребителя по приемлемым для него ценам, и с одновременным получением запланированной нормы прибыли для производителя.

На сегодняшний день в мире известно много методов определения конкурентоспособности предприятий: матричный метод – разработанный «Бостонской консалтинговой группой»; метод, использующий в качестве основного подхода оценку товара предприятия и т.д.

Применительно к угольной отрасли оценку конкурентоспособности предприятий целесообразнее всего производить на основе теории эффективной конкуренции. Согласно этой теории наиболее конкурентоспособными являются те предприятия, где наилучшим образом организована работа всех подразделений и служб. При адаптации этой теории на предприятия угольной промышленности необходимо учитывать и ряд факторов, которые присущи только ей.

При разработке методики определения конкурентоспособности угольных шахт прежде всего необходимо составить соответствующие группы показателей, с помощью которых оценивается эффективность функционирования всех структурных подразделений шахты. К основным группам можно отнести показатели: организационно-технические, производственные, сбыта, в особую группу необходимо выделить горно-геологические и горнотехнические, качество добываемого угля, запасы полезных ископаемых.

Одним из важных и наиболее презентабельных показателей в группе производственных показателей является показатель ритмичности работы производства. В общем случае он определяется как коэффициент вариации, показывающий относительную меру отклонения дискретных показателей работы производства от ее среднеарифметического значения.

Если рассматривать ритмичность работы как равномерный выпуск продукции в соответствии с плановым заданием, то коэффициент вариации определяется как отношение среднеквадратического отклонения от планового задания за сутки (декаду, месяц, квартал) к среднесуточному (среднедекадному, среднемесячному, среднеквартальному) плановому производству продукции.

Для оценки конкурентоспособности угольных шахт предлагается модифицировать данный коэффициент следующим образом. При определении среднеквадратического отклонения использовать разность не между фактическим объемом добычи и ее средним плановым показателем, а разность между фактическим объемом добычи и средней разностью между плановым и фактическим показателями добычи шахты. Тогда и коэффициент вариации будет определяться как отношение модифицированного коэффициента вариации к средней разности между плановыми и фактическими показателями.

С помощью данного коэффициента можно оценивать не только такие экономические показатели, как, сверхплановая продукция на складах и, следовательно, замедление оборота капитала, несвоевременность получения выручки, перерасход заработной платы, но и уровень обоснованности принимаемых организационно-технологических решений. Ведь если значение данного коэффициента слишком велико, значит либо решения по планированию объемов добычи угля принимались без учета фактического состояния дел на предприятии, либо технологические звенья шахты не в состоянии выполнить поставленные перед ними задачи. В любом случае это говорит о серьезных недостатках в системе непосредственно взаимодействующих служб шахты, что в свою очередь ведет к снижению ее конкурентоспособности.

ПРОХОДЧЕСКИЙ КОМБАЙН "MIR"

Литвинский Г.Г., Донбасский горно-металлургический институт

Развитие комбайновой техники привело к созданию малооправданного разнообразия различных типов с большой массой и малопроизводительных, которые невозможно использовать в меняющихся горно-геологических условиях, с малоэффективными затратами времени и средств на монтаж-демонтаж, подготовительно-заключительные операции. Нами разработан новый проходческий комбайн MIR (Mining Intelligent Roadheader), устраняющий эти недостатки.

Конструкция комбайна (см. рис. 1 и 2) основана на принципах фронтального разрушения пород в забое исполнительным органом нового типа, что совместно с особенностями конструкции погрузочно-транспортного органа и соединения и формы элементов ходовой части позволяет по-новому решить базовые вопросы компоновки, энергообеспечения, передвижения и распора комбайна при выполнении им основных проходческих операций.

Исполнительный орган комбайна выполнен из скрепленных между собой секций 1, каждая из которых слагается из двух шнеков 2, закрепленных на корпусе 3. Шнеки 2 в секции имеют противоположную навивку лопастей 4 и вращаются в разные стороны. Лопастями 4 снабжены породоразрушающим инструментом 5 в виде резцов, шарошек или (и) высоконапорных импульсно-струйных сопел.

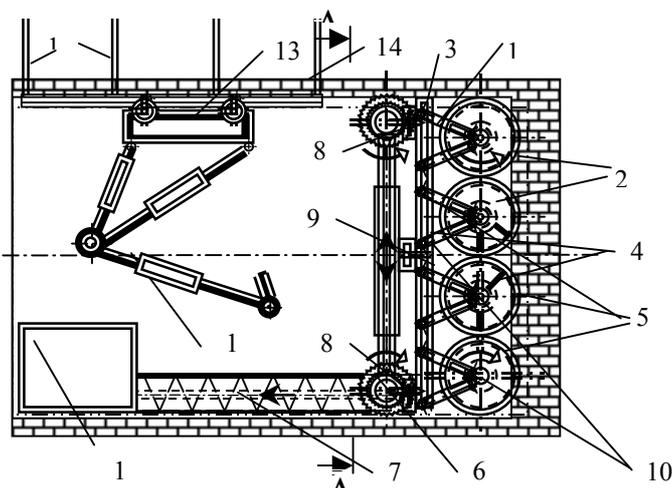


Рис. 1 Общий вид проходческого комбайна фронтального типа со шнековым исполнительным органом

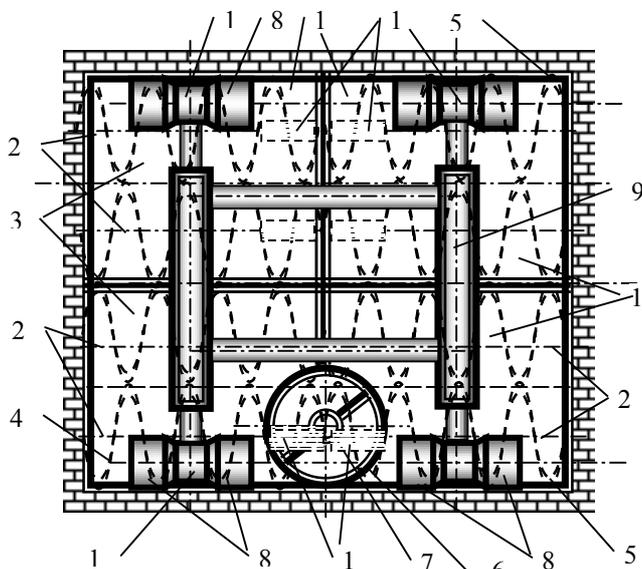


Рис. 2 Проходческий комбайн "MIR", вид на забой выработки по А-А на рис. 1

В стыке корпусов 3 нижних секций 1 выполнен проем, к которому примыкает погрузочно-транспортное устройство 7 в виде шнекового транспортера, выбирающего разрушенную породную массу из забоя выработки.

Ходовая часть комбайна состоит из катков 8, шарнирно соединенных с распорными гидродомкратами 9, которыми катки 8 прижаты к противоположным стенкам выработки. На катки 8, при необходимости, могут быть одеты гусеницы.

Шнеки 2 исполнительного органа и шнековый транспортер 7 снабжены индивидуальными объемными высокомоментными гидродвигателями 10.

Забойный манипулятор 12, передвигающийся по монорельсовой дороге 13, которая закреплена на кровле выработки 14 осуществляет все вспомогательные операции.

Поскольку для каждой группы катков установлены индивидуальные гидродвигатели, можно весьма просто осуществлять управление движением комбайна без применения сложных и дорогих редукторов. Поворот комбайна осуществляют путем изменения скорости вращения гидродвигателей 10 у соответствующих катков. При этом комбайн имеет высокую маневренность и способен осуществлять повороты при проходке выработки в любом направлении (в том числе и по вертикали) буквально «на месте».

Рассматриваются особенности работы нового комбайна в целом и отдельных его подсистем. Обсуждаются возможные преимущества, достигаемые за счет новой компоновки рабочего органа

и двигателя. Даны оценки ожидаемых технико-экономических показателей нового комбайна, который позволит эффективно и с высокой скоростью проходить прямоугольные капитальные и подготовительные выработки в широком диапазоне горно-геологических условий.

Combine the mode of roadheading is most progressive, as mates in time all basic processes and the mining constructions of combines ensures continuous flow sinking cycle. There are combines with different cutting head - - combines of selective or frontal (chisel) operating. However series of essential deficiencies is generic in both types of combines:

Therefore progressing combine of engineering has led to creation unjustified of variety of different types with large mass and underproductive, which one cannot be utilized in varying geological conditions.

We design a new heading machine MIR (Mining Intelligent Roadheader), removing these deficiencies.

The construction of a combine (see fig. 1 and 2) grounded on principles of frontal breaking down of rocks in working face by a cutting head of a new type, that, together with design features of a loader-transport organ both joint and shape of members of a undercarriage allows in a new fashion to decide baseline problems of layout, energy supply, excursion and thrust of a combine at implementation by it of the basic sinking operations.

The cutting head of a combine is carried out from fastened among themselves sections 1, each of which is composed from two screw 2, dressed on the body 3. The screws 2 in section have opposite winding of fans 4 and are gyrated in the miscellaneous sides. The fans 4 are furnished rock cutting tools 5 by the way of cutting picks, rollers bits or (and) of high-head pulsewise -jet nozzles.

In a juncture of bodies 3 lower sections 1 the opening is carried out, the loader-transport system (device) 7 by the way of auger transporter selecting a broken down rock mass from working face of a development.

The undercarriage of a combine consists of calenders 8, hingedly joint with spreader hydraulic advancing cylinders 9, which one calenders 8 pressed to opposite walls of a development. On calenders 8, if necessary, the caterpillars can be dressed.

The screws 2 cutting heads and auger transporter 7 are furnished individual volumetric high-moment hydromotor engines 10.

The face manipulator mechanism 12, moving on a monorail 13, which one dressed on a roof of a drift 14, realizes all supplementary operations.

As for each group of calenders the individual hydromotor engines are installed, it is possible is rather simple to realize a traffic remote control of a combine without applying composite and expensive reduction gearboxes. Turn of a combine realize by an alteration of speed of rotating of hydromotor engines 10 for the applicable calenders thus a combine has high agility and is capable to realize turns at roadway driving in any direction (including on a vertical) literally "in place".

The singularities of operation of a new combine as a whole and its separate subsystems are esteemed. The possible advantages achievable due to new layout of a mover are considered. The estimations of anticipated technicoeconomic showings of a new combine are given, which one will allow effectively and with high speed to drive rectangular capital and development workings in a broad scope of geological conditions.

УДК 622.762.5

КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МЕХАНИЗМА ПРИВОДА ОТСАДОЧНОЙ МАШИНЫ С ПОДВИЖНЫМ РЕШЕТОМ

Басс К.М., Небатов А.В., Национальный горный университет, Днепропетровск

В настоящее время при обогащении полезных ископаемых возникла необходимость в технологических аппаратах малой и средней мощности с низким энергопотреблением. Одними из таких аппаратов являются отсадочные машины с подвижным решето, которые в СССР серийно не изготавливались.

В НГУ проводятся работы по исследованию применения отсадочных машин с кривошипно-шатунным приводом решета для переработки вторичных месторождений полезных ископаемых.

На кафедре горных машин разработана математическая модель привода, на базе которой составлена программа в пакете «MathCAD».

На основании проведенных аналитических исследований получены зависимости параметров движения подвижного решета от размеров звеньев приводного механизма. Обоснован выбор рациональных размеров звеньев механизма, а также проанализирована возможность оперативного регулирования процесса отсадки.

УДК 622.762.5

ОПЕРАТИВНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОТСАДКИ В МАШИНАХ С ПОДВИЖНЫМ РЕШЕТОМ

Небатов А.В., Басс К.М., Федоскин В.А., Национальный горный университет, Днепропетровск

Для эффективного обогащения полезных ископаемых необходимо установить и иметь возможность оперативно и независимо регулировать степень разрыхления и скорость транспортирования обогащаемого материала. Это можно достичь, подобрав рациональное соотношение между величиной вертикальных и горизонтальных колебаний подвижного решета.

Предлагается конструкция привода отсадочной машины, позволяющая оперативно изменять угол наклона траектории движения подвижного решета без остановки технологического процесса. Конструкция обеспечивает оперативное регулирование соотношения между величинами вертикальных и горизонтальных колебаний подвижного решета, за счет чего достигается повышение качества разделения (расслоения) обогащаемого материала при заданной производительности машины.

УДК 622.762

ВОЗДУШНО-ПУЛЬСАЦИОННАЯ ОТСАДОЧНАЯ МАШИНА С РЕГУЛИРУЕМЫМИ НЕГАРМОНИЧЕСКИМИ КОЛЕБАНИЯМИ РАБОЧЕЙ СРЕДЫ

Франчук В.П., Басс К.М., Национальный горный университет, Днепропетровск
Басс Т.П., Национальная металлургическая академия Украины, Днепропетровск

Отсадка – один из основных процессов обогащения полезных ископаемых. Конструкции машин, реализующие этот процесс и эксплуатирующиеся в настоящее время на территории Украины, разработаны в 60–70-х годах прошлого века. За время, прошедшее с тех пор, изменилась не только сырьевая база, при возросших требованиях к удельным энергозатратам, но и концепции по переработке полезных ископаемых.

На кафедре горных машин НГУ разработана новая конструкция воздушно-пульсационной отсадочной машины, позволяющая генерировать и оперативно регулировать негармонические колебания рабочей среды. Это дало возможность задавать не только траекторию движения, но и регулировать скорость движения рабочей среды в период цикла.

Предложенное решение позволяет настроить машину под конкретные физико-механические свойства исходного сырья, а в случае их изменения производить регулировку режима работы машины без остановки технологического процесса, что повышает качество продуктов обогащения.

УДК 622.002

К ВОПРОСУ О ВЫБОРЕ ФОРМЫ ВАЛОВ БЕСШПОНОЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Ларионов Г.И.

Украинский государственный химико-технологический университет, Днепропетровск

В горных машинах и механизмах широкое распространение получили шпоночные и шлицевые соединения. Удобство сборки и разборки, низкая стоимость изготовления определили их повсеместное распространение. Тем не менее новые требования, связанные с повышением надежности использования машин и механизмов в условиях низких температур при освоении полезных ископаемых,

мых Сибири и Дальнего Востока, потребовали разработки новых видов соединений. Поэтому в пятидесятые годы впервые начали применять бесшпоночные соединения на основе некруглого вала. В частности, это соединение использовалось в механизме качания драглайнов, изготавливаемых на Новокраматорском машиностроительном заводе. Тем не менее, сложность обеспечения необходимых допусков и посадок привели к отказу от применения бесшпоночных соединений. К идее использования их возвратились лишь при появлении соответствующего технического оборудования – станков с числовым программным управлением. Применение этих станков позволило изготавливать соединения практически любой сложности. В качестве формы поперечного сечения вала берут форму, ограниченную гипоциклоидой. Имея уравнение контура поперечного сечения можно получить в замкнутом виде и выражение жесткости вала. Однако такой выбор контура вала ограничивает класс выбора сечений.

Предлагаемый подход к выбору формы контура состоит в том, что задачу поиска формы контура формулируют как задачу оптимального проектирования: при заданной площади поперечного сечения вала отыскать такую его форму, которая сообщала бы ему максимальную крутильную жесткость и при этом удовлетворяла бы некоторым геометрическим ограничениям. При этом применяется метод нежесткого допуска. Преимущество этого метода заключается в том, что степень нарушения ограничений по мере приближения к искомому решению постепенно уменьшается. Поскольку на первых этапах поиска ограничения задачи удовлетворяются приближенно и лишь при поиске непосредственно в окрестности искомого решения задачи требуется большая точность, поэтому полный объем вычислений в процессе оптимизации по сравнению с другими методами значительно сокращается. Проведенные численные расчеты с применением такого подхода в задаче оптимизации формы поперечного сечения вала демонстрируют оптимальные проекты при различных геометрических ограничениях. Выбирая геометрическую форму этих ограничений можно отыскивать форму вала, обладающего максимальной крутильной жесткостью из класса кривых, заданных геометрией ограничений. Задав в качестве ограничения треугольник, получим целый класс оптимальных форм с тремя выступами, задав четырехугольник получим множество форм с четырьмя выступами и т. д. Внешние особенности контура в каждом из классов кривых подбираются из условия обеспечения максимальной крутильной жесткости вала. Такой подход позволяет отыскивать оптимальные формы поперечных сечений валов бесшпоночных соединений различных классов.

УДК 622.208.6

ОХРАНА ВЫРАБОТОК ПОД СВОДОМ ЕСТЕСТВЕННОГО РАВНОВЕСИЯ

Табаченко Н.М., Национальный горный университет, Днепропетровск

Охрана подготовительных выработок – комплекс дополнительных мероприятий, направленных на повышение устойчивости повторно используемых выработок. Степень разрушения пород, смещения их в полость выработки, а также поломок крепи зависят от расположения выработки по отношению к очистным забоям.

Подготовительные выработки могут испытывать влияние очистных работ в следующих зонах: вне зоны влияния очистных работ; в зоне влияния временного опорного давления впереди очистного забоя; в зоне влияния временного опорного давления позади очистного забоя; в зоне установившегося опорного давления позади очистного забоя; в зоне повторного временного давления позади смежного очистного забоя; в зоне повторного установившегося опорного давления.

Для нейтрализации процесса деформации приконтурных пород в вышеуказанных зонах предложен запатентованный в Украине новый способ охраны подготовительных выработок под сводом естественного равновесия.

Сущность способа состоит в том, что приконтурный породный массив разгружается от повышенных напряжений путем искусственного создания свода естественного равновесия, способствующего повышению устойчивости выработки. Основная цель разгрузки – отодвинуть опорное давление от контура выработки в глубь массива и расширить зону свода естественного равновесия над поддерживаемой выработкой. Вследствие этого деформирующиеся породы под сводом естественного равновесия смещаются не в полость поддерживаемой выработки, а скользят по контуру

арочной крепи и смещаются на искусственно созданные податливые полосы с обеих боков выработки. Арочная крепь выработки при этом усиливается специальными хомутами на замках или распорными короткими стойками, ужесточающими сопротивляемость крепи горному давлению.

Разгрузку поддерживаемой выработки от горного давления производят следующим образом. Вперед очистного забоя в зоне временного опорного давления создают податливые полосы бурением шпуров в бока выработки и камуфлетным взрыванием взрывчатых веществ или нагнетанием поверхностно-активных веществ в массив угля.

Жесткие опоры можно удалить от штрека при проведении выработки широким забоем, когда с обеих сторон штрека выбирается уголь и закладывается породой. Массив угля с обеих сторон выработки представляет собой опоры высокой прочности и ограниченной податливости, над которыми стабилизируется опорное давление, ранее располагавшееся у контура выработки. Одновременно ближе к штреку (рядом с ножками арочной крепи) устроены бутовые податливые полосы.

Позади лавы в зоне влияния временного и установившегося опорного давления устраивают охрану выработки бутовой полосой с созданием в ней податливой и жесткой полос. По мере продвижения лавы вслед за передвижкой механизированной крепи подается порода в бутовую полосу. Податливая полоса создается вблизи контура выработки, жесткая на удалении от нее. Для этого по специальной трубе, находящейся в завале (породе), инъецируется раствор из быстротвердеющих материалов и на этой основе формируется жесткая инъекционная полоса на удалении от выработки. Между жесткой полосой и бровкой штрека будет сооружена податливая полоса из заложеной породы. Податливость этой полосы достигается при неплотной укладке и сжимаемости породы бутовой полосы от давления кровли. Тогда опорное давление за лавой сдвинется от контура выработки и установится над жесткой инъекционной полосой, т.е. совместится с давлением массива горных пород от опор, формирующих свод естественного равновесия.

Таким образом, потенциальные особенности такой схемы охраны состоят в создании благоприятных условий, обеспечивающих резкое снижение концентраций напряжений в окрестности выработок. Податливые полосы удаляют опорное давление от выработки, а жесткие полосы (угольный массив, инъекционная полоса) берут нагрузку на себя. Две жесткие опоры с обеих сторон выработки создают опоры для нависающего породного массива над штреком и образуют свод естественного равновесия. Под сводом находится часть породы, давление которой распространяется на крепь выработки минимально под влиянием прогиба слоев породы, а не обрушения. Давление на крепь, создаваемое прогибом, нейтрализуется податливостью крепи и податливостью околотрековых полос.

Опоры высокой прочности (жесткие полосы) могут воспринимать достаточно высокие нагрузки от кровли, а их ограниченная податливость позволяет сохранить непосредственную кровлю над выработкой от деформации.

УДК 622.673.1

МОДЕЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРИЧНИХ КОЛИВАНЬ ПІДНІМАЛЬНОЇ ПОСУДИНИ ШАХТНОЇ ВРІВНОВАЖЕНОЇ УСТАНОВКИ ПРИ ВЗАЄМОДІЇ З ЖОРСТКИМ АРМУВАННЯМ ПІД ЧАС АВАРІЙНОГО ГАЛЬМУВАННЯ

Ільїна І.С., Дніпропетровський національний університет, Дніпропетровськ

Механічна частина шахтного піднімального комплексу є складною багатоланковою системою, у якій параметри роботи механізмів із різним функціональним призначенням мають зони тісного взаємозв'язку між собою. Зміна значень однієї групи параметрів може знезацька викликати перехід сукупності параметрів з іншої функціональної групи в потенційно небезпечну область. При цьому в інших зонах поєднання параметрів робота цих механізмів може реалізуватися на технічно безпечних режимах, що не призводять до швидкої деградації стану устаткування.

Рух піднімальної посудини є суперпозицією вертикальних, горизонтальних переміщень її центра мас і повороту навколо центру мас при нелінійно пружній взаємодії напрямних посудини з провідниками армування. При цьому головним показником процесу взаємодії буде коефіцієнт динамічного перевантаження провідників армування під час аварійного гальмування посудини відносно до динамічних параметрів робочого режиму руху посудини по тій самій ділянці стовбура.

Пружність канатів викликає появу додаткового гармонійного збудження, що здійснює свій параметричний вплив на поворотні коливання посудини та при певних умовах викликає параметричний резонанс. Канат, що врівноважує, завдяки своїй пружності та масі має суттєвий вплив на частоту та амплітуду вертикальних коливань піднімальної посудини, а через це – на її повторні коливання та взаємодію з провідниками під час гальмування. При наявності жорстких захисних башмаків на посудині цей коефіцієнт пружності напрямних має амплітудозалежне значення та миттєво змінюється від пружності пружин роликів до пружності башмаків з провідниками. Математична модель, що описує взаємодію піднімальної посудини з провідниками у врівноваженій піднімальній установці, являє собою систему рівнянь, що включає в себе як рівняння у прямих похідних, так і рівняння гіперболічного типу у часткових похідних з неоднорідними початковими та граничними умовами. Задача зведена до дослідження параметричних рівнянь типу Матьє-Хілла.

Отримані результати показують, що при гальмуванні горизонтальні коливання посудини мають тенденцію до зростання, якщо параметри системи попадають у зони нестійкості на діаграмі Айнса-Стретта. Ступінь зростання горизонтальних коливань за час гальмування залежить від співвідношення параметрів, що склались у піднімальній системі до цього моменту. Чим глибше координатна точка занурюється у зону нестійкості на діаграмі, тим інтенсивніше зростає амплітуда коливань за один і той же інтервал часу при гальмуванні. Показано, що в результаті вертикальних коливань пружного каната під час гальмування система «канат-посудина-армування» може мати такі поєднання її механічних параметрів (пружності канатів, пружності напрямних посудини, її маси, розмірів, положення посудини в стволі і т.п.), при яких у системі «посудина-армування» виникає явище параметричного резонансу. Це може приводити до зростання динамічних зусиль, що діють на провідники і за певних умов створювати аварійно-небезпечну ситуацію на шахтному підніманні.

ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ МАТРИЧНЫХ КОЛЕЦ ПРИ ГОРЯЧЕМ ПРЕССОВАНИИ ТРУБ

Рахманов С.Р., Национальная металлургическая академия Украины, Днепропетровск

Широкое использование процессов прессования труб в различных модификациях технологического процесса наряду с положительными аспектами имеет некоторые характерные недостатки, которые ограничивают область его применения. Среди них преимущественно выделяется невысокая износостойкость рабочего инструмента, обусловленная его работой в условиях высоких температурных и контактных напряжений, вызванных несовершенством, в частности, формы поверхности технологического инструмента.

Устранение указанных недостатков возможно путем выбора оптимальных параметров технологического процесса прессования труб, включая рациональную калибровку матричных колец.

Математические трудности, кроме всего, обусловленные физическими особенностями реальных процессов, не дают возможности выработки однозначных обобщающих рекомендаций по выбору оптимальных технологических параметров процесса прессования труб в известной постановке.

Поэтому рассмотрена действительная картина распределения энергосиловых параметров в очаге деформации с учетом реальных граничных и физических условий и использованием основ механики сплошной среды в интерпретации задач класса гидродинамической аналогии процессов прессования труб.

Преимущественно при прессовании труб предварительно нагретый металл рассматривается как линейно вязкопластическая среда, что дает возможность использования закона вязких трений Ньютона при определении величины касательных напряжений и сил трения на контакте металла с матрицей и оправкой. Величина нормальных напряжений определяется из условия динамического равновесия металла при осесимметричном течении в очаге деформации.

Получена суммарная сила сопротивления на участке деформации при прессовании труб, которая является при некотором ограничении функцией образующей матричного кольца.

Минимизация функционала сопротивления при прессовании труб в математическом плане базируется на формировании вариационной задачи Эйлера, что позволяет определить численным интегрированием форму образующей матричного кольца.

Для выбора рациональных параметров технологического процесса с учетом используемой смазки, рассмотрено течение многослойной рабочей среды для схем: "матрица – смазка – металл – оправка" и "матрица – смазка – металл – смазка – оправка". Определены энергосиловые параметры для предлагаемых схем прессования труб. Кроме всего, определены необходимые составы смазок и выработаны рекомендации по выбору их параметров.

Результаты промышленного использования рационально профилированных матриц при прессовании стальных бесшовных труб подтверждают правомерность теоретических предположений, достигнуто существенное увеличение стойкости инструмента и качества продукции.

УДК 622.7.001.891.537

АНАЛИЗ СВЯЗИ МЕЖДУ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ КОНУСНОЙ ДРОБИЛКИ ККД 1500/180 И РАСХОДОМ ФУТЕРОВОЧНОЙ СТАЛИ

Кузнецов Г.В., Фомичев В.В., Гусенко М.В.,
Национальный горный университет, Днепропетровск

Для процесса управления любым технологическим устройством необходимо выбрать такой параметр, который бы контролировался достаточно легко и независимо от величины выходного параметра (в нашем случае от производительности). В тоже время контролируемый параметр должен быть связан какой-либо математической зависимостью с выходным параметром.

Первым фактором, который может подлежать такому типу контроля, является расход футеровочной стали. Данный параметр контролируется введением в футеровку цепочек датчиков, которые срабатывают по мере увеличения износа футеровки в результате контакта ее рабочей поверхности с перерабатываемым сырьем.

Производительность дробилки и расход футеровочной стали, есть величины взаимосвязанные. Однако анализ этой связи, приведенный разными авторами, не является однозначным. Поэтому мы предлагаем свой подход к анализу этой связи, который будет изложен ниже.

Удельный расход g (в г/т) футеровочной стали, затрачиваемый на дробление одной тонны железистых кварцитов от начальной до конечной крупности, может быть вычислен приближенно по эмпирической формуле

$$g = 150E - 95,$$

где E – суммарный удельный расход электроэнергии в (кВт·ч/т), потребляемой дробилками из сети на дробление одной тонны руды, определяемый из формулы

$$E = \sum_{j=1}^m E_j,$$

где m – число стадий дробления; E_j – удельный расход электроэнергии в j -й стадии дробления.

Кинетика износа мелющих тел (шаров, стержней, гири) и футеровки мельницы совершенно аналогична кинетике измельчения материала, поэтому и уравнения, описывающие эти процессы, по форме будут идентичны. Это утверждение абсолютно логично, ведь футеровка и дробящий материал втянуты в один механический процесс и поэтому на них действуют одни и те же законы.

Основное уравнение кинетики, выбранное докладчиками, для математического описания процесса изнашивания футеровочной стали в конусной дробилке ККД 1500/180 имеет вид:

$$x_t = x_0 e^{tK_1 \ln(1-P_1P_2)},$$

где x_0 – исходная масса футеровочной стали; x_t – ее масса на момент времени t ; P_1 – вероятность попадания частицы в такт дробления; P_2 – вероятность ее измельчения в этом такте; K_1 – коэффициент, определяемый из уравнения $x_t = x_0 e^{-tK_1}$.

Необходимо учесть, что $P_1 \cdot P_2 = P$ – полная вероятность дробления частицы. Тогда представляется возможность, исходя из приведенных выше формул, вычислить коэффициент K_1 который в данной трактовке определяет кинетику износа футеровки.

В этом конкретном случае процесс дробления одностадийный, поскольку речь идет исключительно о крупном дроблении. Следовательно,

$$E = \frac{iZ_p(0,041f^2 - 0,027f + 11,949)}{K_f K_w K_{kp} K_D \delta_n D_{\max}},$$

где D_{\max} – максимальный диаметр кусков руды в исходном питании дробилки; i и Z_p – соответственно, степень дробления и условная максимальная крупность продукта дробления; K_f , K_w , K_{kp} – коэффициенты крепости, влажности и крупности; δ_n – насыпная масса материала т/м³.

Производительность дробилки определяется по формуле

$$Q = K_f K_w K_{kp} K_D D^2 r n_0 \delta_n b,$$

где D – диаметр основания дробящего конуса; r – эксцентриситет в плоскости выходной щели; n_0 – число качаний конуса в минуту; b – ширина выходной щели на открытой стороне.

При условии, что расход электроэнергии, потребляемой дробилкой, известен, становится возможным привести выше приведенные формулы к виду:

$$g = 150 \cdot \frac{ED^2 r n_0 b}{Q} - 95.$$

Таким образом, получено математическое выражение, которое связывает воедино расход футеровочной стали и производительность дробилки крупного дробления.

УДК 621.454.3

ЗАГАДКИ УДАРНЫХ КРАТЕРОВ, ПАРАДОКС ПЛОТНОСТИ МЕТЕОРОИДОВ, НЕКОТОРЫЕ ТАЙНЫ НЕОПОЗНАННЫХ ЛЕТАЮЩИХ ОБЪЕКТОВ (НЛО)

Козорезов К.И., Московский государственный университет, Москва

В работе ставятся задачи раскрытия загадок образования всего многообразия ударных кратеров различных необычных форм, наблюдаемых на планетах Солнечной системы, задачи раскрытия парадокса плотности метеороидов, заключающийся в том, что их плотность, определяемая различными фотометрическими средствами по кривой блеска метеороида и по азробаллическим динамическим измерениям торможения метеоров в атмосфере Земли, различаются на несколько порядков, задачи раскрытия некоторых тайн силовой конструкции и особенностей движения в атмосфере Земли неопознанных летающих объектов (НЛО).

Приводятся результаты разработки методик экспериментальных исследований взаимодействия твердых и жидких тел нетрадиционных форм со стальными преградами при скоростях до 3,7 км/с на полигонах и до 8...10 км/с в лаборатории, использующих заряды ВВ массой от 100...200 г (в лаборатории) и от 50 до 150 кг (на полигонах).

На основе проведенных широких экспериментальных исследований с использованием разработанных методик проведено моделирование таких форм, как чашеобразные, конические, камуфлетные, котловые, плоскодонные, кольцевые с пиками-холмами около центра и без них, многокольцевые бассейны (называемые на Луне морями и океанами) ударных кратеров, а также ударных кратеров в виде лавовых труб, каньонов, кальдер и алмазосодержащих трубок.

Впервые в науке приводятся результаты моделирования таких ударных кратеров на Луне, как Хилл, Дарио, Зэрингер, Шмит, Дауэс, Ремер, Тихо, Коперник, БЭК, Толстой, Шуберт, Капелла, Море Восточное, лавовых труб и каньонов, а также таких ударных кратеров на Земле, как Метеор (Калифорния), Кальдера Ксудач (Камчатка) и алмазосодержащая трубка “Мир” (Якутия).

В качестве первого приближения восстанавливается принципиальная форма космических объектов, породивших указанные реально наблюдаемые кратеры.

На основе анализа полученных экспериментальных данных предлагается дальнейшее развитие физико-механической гипотезы академика Е.И. Шемякина и выдвигается гипотеза физико-механических условий, при которых происходит образование алмазов из материалов, входящих в состав метеоритов.

Даются рекомендации по проведению дальнейших теоретических и экспериментальных исследований, формирующих новое перспективное направление в космической науке.

Исходя из концепций, развернутых нами в предыдущих исследованиях, впервые раскрывается парадокс плотности метеороидов, в результате чего другим независимым способом подтверждается и обосновывается наличие принципиально новых, ранее не рассматривавшихся форм объектов в космосе.

Впервые раскрываются физико-механические условия, при которых реально может происходить взрыв ядер малых комет и тем более астероидов на траектории в атмосферах планет Солнечной системы.

Исходя из полученных экспериментальных результатов по раскрытию загадок образования многообразия ударных кратеров, а также раскрытию парадокса плотности метеороидов, выдвигается физико-механическая гипотеза, раскрывающая некоторые тайны НЛО.

УДК 621.7.044:621,763

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ПОВЫШЕНИЯ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Дидык Р.П., Олишевская В.Е., Национальный горный университет, Днепропетровск

Создание конструкционных материалов повышенной трещиностойкости вызвало необходимость проведения теоретических и экспериментальных исследований слоистых композиций.

Численное моделирование процессов разрушения слоистых материалов осуществлено путем описания механического состояния тела уравнениями теории упругости с использованием в окрестности вершины трещины зависимостей компонент напряжений от коэффициента интенсивности напряжений. Решение задачи проведено методом конечных элементов, для реализации которого разработан комплекс программ. Результаты численных расчетов характеристик трещиностойкости материалов показали, что критические коэффициенты интенсивности напряжений в условиях плоскодеформированного и плосконапряженного состояний для монометалла – стали 45 – составили $53,7 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{1/2}$ и $47,5 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{1/2}$, соответственно, для биметалла, состоящего из двух слоев стали 45, сваренных взрывом, – $88,7 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{1/2}$ и $79,6 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{1/2}$ соответственно, для триметалла, полученного в результате введения между стальными слоями промежуточной медной прослойки, – $77,1 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{1/2}$ и $68,2 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{1/2}$ соответственно.

Экспериментальное исследование трещиностойкости слоистых композиций проведено с использованием методики испытаний на внецентренное растяжение компактного образца с надрезом на гидравлической испытательной машине типа ЭУС - 100 с записью диаграммы разрушения в координатах «усилие» - «смещение берегов трещины» на двухкоординатный самописец Н 307. Результаты проведенных исследований показали, что монометалл имел величину критического коэффициента интенсивности напряжений при толщине образцов 12 мм $51,9 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{1/2}$, вязкость разрушения биметалла составила $82,2 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{1/2}$, а триметалла – $72,7 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{1/2}$. Испытания на внецентренное растяжение компактных образцов показали, что слоистые материалы имели большую вязкость разрушения, чем монометалл на 40...59 %. При этом максимальные показатели K_c имели образцы из биметалла.

Анализ полученных результатов позволяет заключить, что экспериментальные значения критических коэффициентов интенсивности напряжений для моно-, би- и триметаллов занимают промежуточное положение между расчетными, выполненными для плоскодеформированного и плосконапряженного состояний. Отклонение среднего между этими двумя расчетными значениями от эксперимента составляет не более 5...10 %.

ДОЛГОВЕЧНОСТЬ УПРУГОГО СЛОЯ СЕКЦИОННОЙ ФУТЕРОВКИ ПРИВОДНОГО БАРАБАНА ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА.

Сердюк А.А., Степаненко И.В., Национальный горный Университет, Днепропетровск

В процессе эксплуатации футерованного барабана долговечность его футеровки определяется рядом факторов. Наиболее универсальным на сегодняшний день, особенно при исследовании долговечности вязкоупругих материалов, является термодинамический подход, основанный на феноменологическом описании поведения тел под влиянием внешних условий. Поскольку разрушение по своей сути процесс неравновесный, для его описания наиболее целесообразно применять термодинамику необратимых процессов.

Для получения критериальных условий, определяющих локальное разрушение, используют условие экстремума термомеханических функций, например, энергии, энтропии и т.д. Используются также специально вводимые величины для описания разрушения. Величиной такого типа является поврежденность материала, понимаемая как конкретное изменение его физических величин, происходящее под влиянием внешних условий деформирования.

При определении долговечности эластомерных конструкций, являющихся фрикционными элементами (например, футерованный приводной барабан ШЛК) используют различные параметры износа при истирании. К основным параметрам, характеризующим процесс износа, следует отнести: износ – изменение формы детали, выраженной в единицах длины, объема или массы; интенсивность износа – отношение износа к пути трения; скорость изнашивания – отношение износа ко времени, в течение которого происходило изнашивание; износостойкость – величина, обратная интенсивности или скорости изнашивания.

При однородном поле деформаций долговечность материала футеровки зависит от поля распределения температур, поэтому долговечность будем оценивать по состоянию материала в области с максимальной температурой. Для футерованного приводного барабана, реализующего касательную составляющую силу тяги при передаче тягового усилия, работа сил трения определяется величиной силы натяжения и перемещением слоя секционной футеровки относительно ленты.

Рассчитанная долговечность футеровки приводного барабана с силой натяжения ленты 20 кН и силой тяги 10 кН при скорости движения ленты 1 м/с, составляет 650 часов.

Долговечность секционной футеровки приводного барабана ШЛК зависит от параметров нагружения (силы натяжения ленты и тягового усилия), физико-механических характеристик материала футеровки, а также от геометрических параметров слоя. Таким образом, зная внешние условия воздействия на систему, можно установить время до разрушения футеровки.

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ И СЕРТИФИКАЦИИ, ОСНОВАННЫЙ НА СТАНДАРТАХ ISO 9000

Пацера С.Т., Метелин Е.П., Радзюк И.Г., Полях М.Ю.,
Национальный горный университет, Днепропетровск

Дана доповідь пропонує варіант принципової схеми контролю якості продукції відповідно до системи стандартів ISO 9000. Пропонована схема являє собою логічний ланцюжок поетапного контролю якості протягом усієї петлі якості.

The given report offers variant of the basic circuit of quality surveillance of production according to system of the standards ISO 9000. The offered circuit represents a logic chain of quality surveillance during all loop of quality.

В условиях жесткой конкуренции существует множество требований к продукции со стороны потребителя, однако все эти требования можно объединить одним словом – качество.

Известно, что качество – это совокупность свойств и характеристик продукции или услуги, которые придают им способность удовлетворять обусловленные или предполагаемые потребности. Таким образом, чтобы вызвать доверие у потребителя производитель должен иметь сертификат, на выпущенную им продукцию, т. е. пройти сертификацию. Сертификация основана на системах по контролю над обеспечением качества. По стандартам **ISO** серии **9000** сертификация должна быть добровольной, но в развитых странах она является постоянной нормой. Наличие сертификата у фирмы есть своеобразным пропуском на рынок товаров и услуг. Сам по себе этот сертификат еще не гарантирует высокого качества продукции, но показывает, что фирме известны единые требования к системам качества, и она готова их выполнять. Для украинских предприятий, которые начинают выходить на мировой рынок, эта проблема является особенно актуальной.

Система **ISO** содержит пакет стандартов, регламентирующих качество производимой продукции или услуги. В Украине введена внутригосударственная система стандартов (**ДСТУ**), дублирующая международную систему (**ISO**).

В соответствии с **ISO 9000**, чтобы получить качественную готовую продукцию, надо обеспечивать качество на всех этапах ее изготовления, т. е. по всей петле качества.

Петля качества представляет собой следующую последовательность, представленную на рис. 1.

Последовательное решение подобных блоков на каждом из этапов петли качества создаст схему системного подхода для обеспечения контроля качества производимой продукции, а та же ее сертификации. Представим последовательность блоков таким образом:

Исходные данные поступают в блоки сравнений в виде универсального дифференциального уравнения, а каждый блок сравнения содержит функцию (решение этого дифференциального уравнения), которая составляется согласно требованиям **ISO 9000**. На каждом участке петли качества определяются значениями переменных, которые передаются в блок сравнения, где подставляются в функцию. Таким образом, если значения удовлетворяют этой функции, то необходимые показатели качества, на данном участке петли качества достигнуты и можно переходить к анализу следующего этапа петли и, пройдя последний этап приступать к началу выпуска продукции.

Однако до сих пор не существует четкой технологии автоматизированного анализа соответствия продукции требованиям потребителя и нормам качества. Хотя постепенно эта проблема находит варианты решения. Одним из таких вариантов анализа является следующая схема, приведенная на рис. 2.

Приведенная модель, по сути, является технологией автоматизированного анализа при системном подходе (контроль по всей петле качества) к обеспечению контроля качества производимой продукции, а также для ее сертификации. Следовательно, использование такой технологии способно гарантировать качество продукции, прошедшей сертификацию.

ПЕТЛЯ КАЧЕСТВА

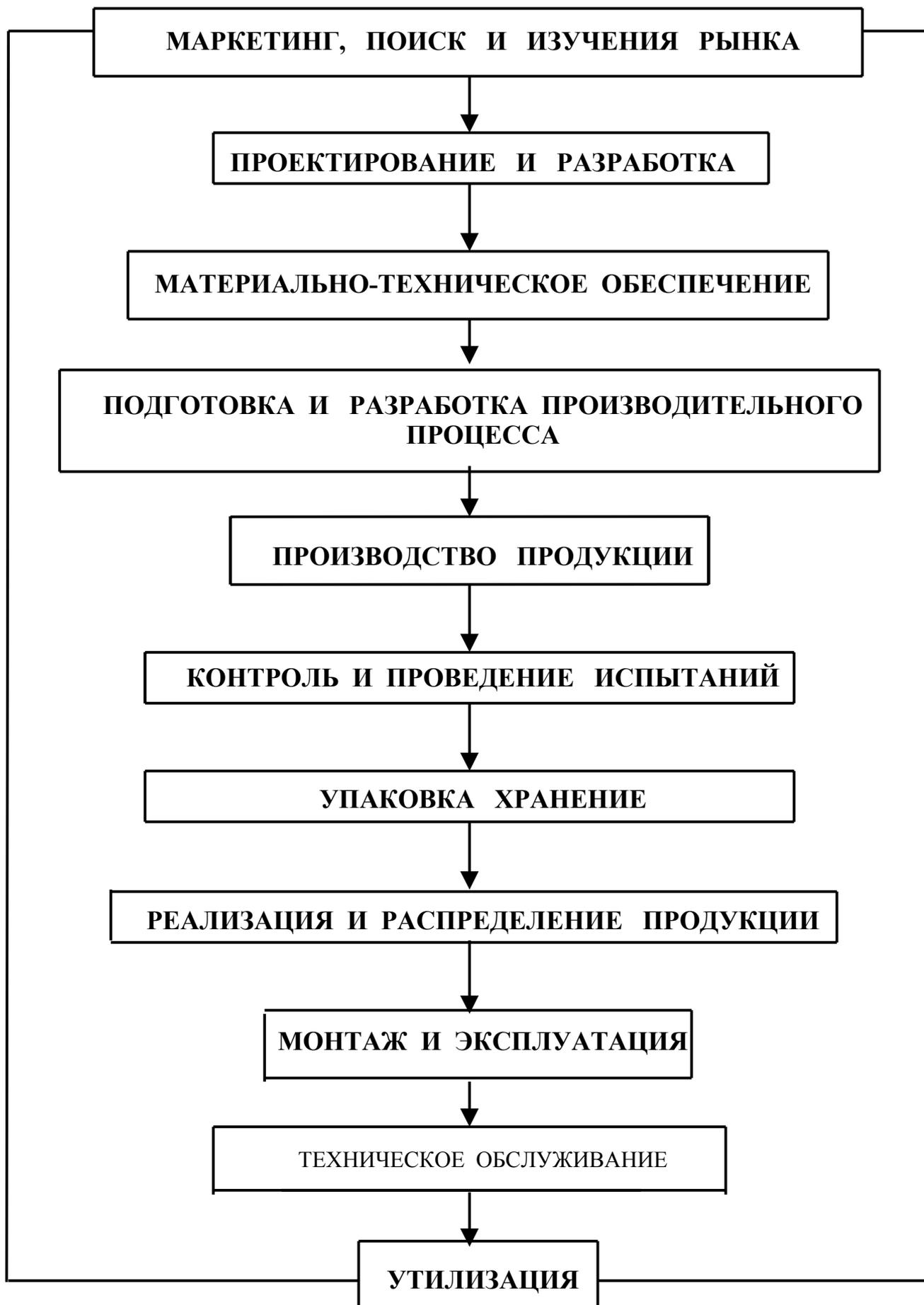
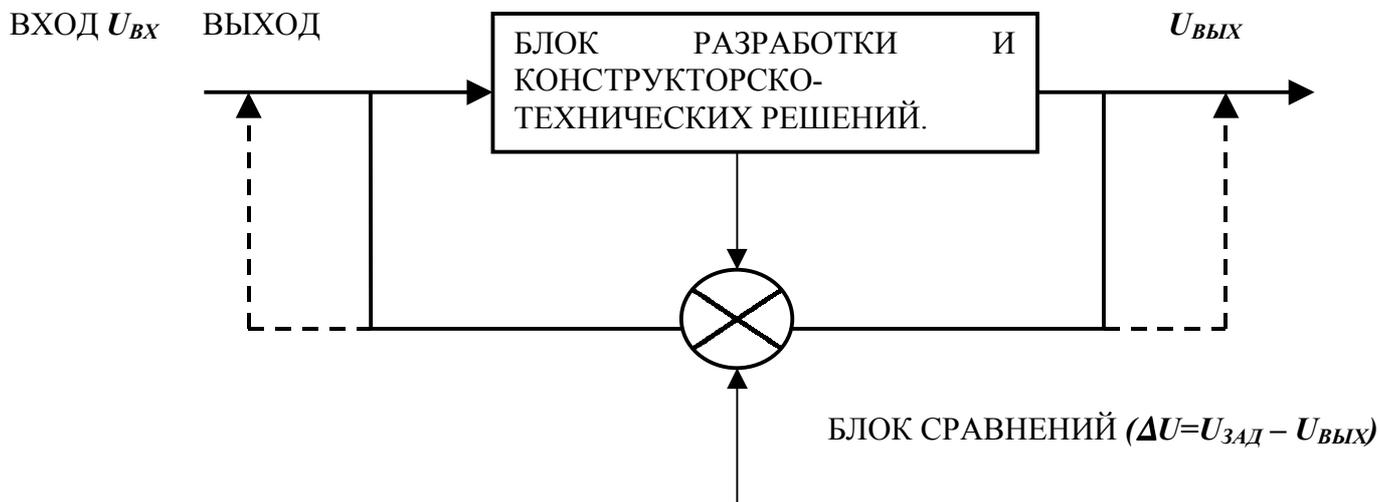


Рис.1 Петля качества



ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

$U_{зад}$
Рис. 2

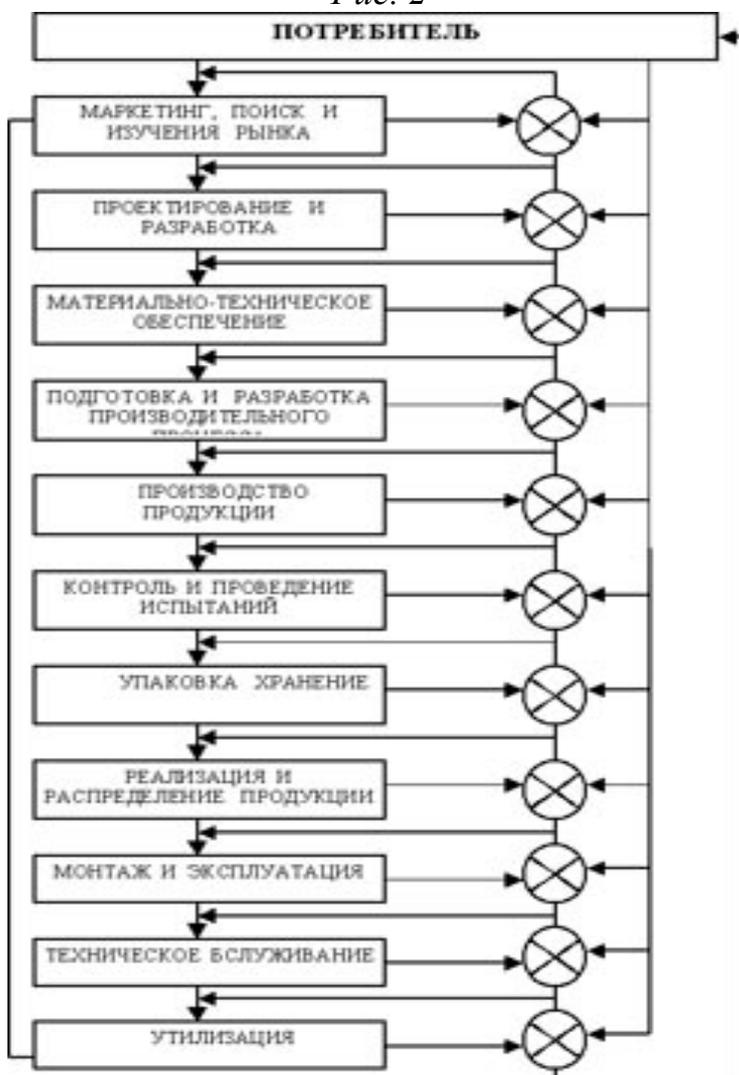


Рис. 3

ГЕОМЕТРИЧНО ІНТЕГРОВАНІ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ПЛАНУВАННЯ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ГІРНИЧИХ РОБІТ

Кузьменко О.М., Національний гірничий університет

Геологічне середовище вугільних родовищ має перемінну структурну будову, яка ускладнюється різноманітними геодинамічними полями напружень і по різному реагує на інженерне втручання при підземній розробці вугільних пластів. На шляху просування очисного вибою геомеханічна ситуація може мінятися по декілька разів. Наявність різноманітних геодинамічних полів напружень в анізотропному геологічному середовищі впливає на спрямування результуючого вектора напруження, який має різне значення в залежності від його орієнтації в масиві. Розвиток гірничих робіт у гірському масиві може співвідноситись по-різному до найбільших значень вектора напруженості геодинамічних полів і це позначається на стійкості гірничих виробок. Часта зміна гірничо-геологічних умов потребує постійної корекції технологічних параметрів відповідно до стану засобів механізації видобутку корисних копалин. За цих обставин робота механізованого очисного комплексу залежить від своєчасної прогнозованої корекції технологічних параметрів відповідно до зміни геомеханічної ситуації.

Виникає проблема зі своєчасного забезпечення необхідними матеріалами, обладнанням, енергоресурсами та іншими речами, які суттєво впливають на ефективне застосування засобів комплексної механізації та інтенсифікації гірничих робіт. За цих умов розробка геометричних інтегрованих систем технічного планування інтенсифікації гірничих робіт при розробці вугільних пластів є важливою науковою проблемою, яка має широке сприйняття на практиці.

Енергооснащеність механізованих комплексів й надійність їх роботи дозволяє збільшувати довжину лави до ефективних параметрів з точки зору економічної доцільності. Але цей потенціал може бути не використаним, якщо гірничо-геологічні умови будуть незадовільними для впровадженого типу комплексів. Такі ж наслідки можуть бути при не задовільній роботі транспорту за різних причин його неспроможності задовольнити виробничу продуктивність очисного вибою. Не меншого значення набуває матеріально-технічне забезпечення роботи вибою.

Прогноз стану гірського масиву здійснюється на підстав геолого-маркшейдерської документації та моніторингу за проявленням гірського тиску у гірничих виробках. Вона є вихідними даними для визначення технологічних параметрів очисного вибою, але не враховує стан гірничих машин та обладнання.

Технічні характеристики механізованих очисних комплексів орієнтовані на середні показники поведінки гірського масиву і недостатньо враховують часті зміни гірничої ситуації. Технічна система механізованого очисного вибою працює самостійно і лише частково оцінюється її стан при виконанні профілактичних чи ремонтних робіт. З часом механізми зношуються і потребують їх планової чи аварійної заміни, що призводить до зупинки роботи вибою і втрати продуктивності.

Своєчасна заміна складової технічної або технологічної системи залежить від передбачення матеріально-технічною службою наявності того чи іншого елемента. Її дії мають дискретний характер, який мало співпадають з плановими показниками розвитку гірничих робіт. Відношення між окремими службами шахти носять не упереджувальні й різнонаправлені дії, які складають проблему при плануванні інтенсивного розвитку гірничих робіт. Відсутній алгоритм відношень окремих підсистем (геолого-маркшейдерської, моніторингу з геомеханіки, транспортних та гірничих машин і обладнання, матеріально-технічного забезпечення), який визначає форму та геометричні параметри технологічної системи і дозволяє оперативно втручатися та корегувати роботу при інтенсивному відпрацюванні вугільного пласта.

Інтеграція геолого-маркшейдерської інформації, геомеханіки, технічного стану гірничих машин та комплексів і матеріально-технічного забезпечення в єдину систему дозволить ефективно планувати розвиток гірничих робіт на шахті відповідно до ринку збуту.

Усатый В.Ю., ЗАО "ЗЖРК", Запорожье
Усатый В.В., концерн "Южруда", Кривой Рог

Для разработки крутопадающего весьма мощного месторождения залегающего в сложных горно-геологических условиях ЗАО «ЗЖРК» применяют камерную систему разработки с закупоркой выработанного пространства твердеющими смесями. В процессе отработки месторождения постоянно совершенствуется технология горных работ, ведутся работы по уменьшению разубоживания руды и более полному извлечению богатой железной руды.

НИГРИ, ДГИ и работниками ЗЖРК разработаны и частично внедрены более 20 технологических схем отработки запасов. По способам отработки их можно объединить в три группы:

- с отдельной нисходящей отработки;
- с отдельной восходящей отработки;
- совместной отработки этажей с одно- и двух стадийной закладкой.

При отработке запасов руды в этажах 340-400 м и 400-480 м ширина камер ромбовидной формы составляла 15 м, а их высота – 60-80 м. Применялась совместная отработка этажей с одностадийной закладкой камер твердеющими смесями. При совместной отработке ширина камер была как постоянной, так и переменной. При переменной ширине камер ширина нижней камеры составляла 15 м, а верхней до 30 м.

Отработка запасов в этажах 480-580 м и 580-640 м осуществлялась камерами ромбовидной формы, ширина которых достигла 30 м. На северной части месторождения производилась совместная отработка этажей. При этом высота камер достигала 160 м при их ширине равной 30 м.

Внедрение новых технологических решений позволило повысить извлечение железной руды, снизить удельный расход выработок, снизить затраты на строительство погрузочно-доставочных выработок. Применение камер шестигранной формы позволило значительно упростить отработку днищ камер в этаже 400-480 м.

При переходе очистных работ с этажа 400-480 м на этаж 480-580 м были оставлены рудные целики в днищах камер этажа 400-480 м. Для отработки этих целиков работниками комбината была предложена схема, при которой рудный целик присекался к запасам камеры и его отработка производилась одновременно с отработкой камерных запасов. Такой порядок отработки целиков имеет ряд преимуществ перед другими способами:

- снижается объем проходческих работ;
- уменьшается время отработки рудных запасов;
- снижается объем работ по строительству и оборудованию отгрузочно-доставочных выработок.

Крепость рудного массива, разрабатываемого ЗАО «Запорожский железорудный комбинат», колеблется в широких пределах: от слабых до крепких с коэффициентом крепости пород по шкале проф. М.М.Протоdjeяконова $f=1\div 15$. Мощность эксплуатируемой рудной залежи «Главная» Южно-Белозерского месторождения достигает 120 м. Породы всячего бока представлены кварцитами ($f=10\div 18$) и серпентинитами ($f=10\div 12$), а породы лежащего бока – кварцито-серицитовыми сланцами ($f=8\div 10$).

В настоящее время при подготовке и эксплуатации гор.740, 840 и 940 м применяется комплекс импортного оборудования, в состав которого входят: буровые каретки «Boomer» H251, H252 шведской фирмы «Atlas Copco»; погрузочно-доставочные машины ПНЕ-1700 и ПНЕ-2500 (производства словацкой фирмы «Строярня Приевидза»); TORO-400E (производство финской фирмы «SANDVIK - TAMROCK»); буровые станки «Simba H1352»; буровые станки для восстающих «Robbins 73RM»; многофункциональная вспомогательная кассетная система «Multimek 6600» с набором кассет финской фирмы «Normet»; заточные станки «Teroc» 5127, 90, S5 и др.

Недолужко В.Н., Скляренко А.А., Торгаев Л.В., ГОАО «Днепрогипрошахт», Днепропетровск

Угольная промышленность Украины по многочисленным, в том числе и объективным, факторам на протяжении последних двух десятилетий постоянно снижала добычу угля, при этом количество нерентабельных шахт постоянно увеличивается. Необходимость закрытия нерентабельных угольных шахт Украины предопределена, главным образом, тем, что в ходе своего развития устаревали производственные фонды, были замедлены темпы технического перевооружения производства, а своевременная подготовка новых горизонтов для восполнения отработанных запасов значительно отставала из-за отсутствия денежных средств.

Ниже, на примере Центрального района Донбасса (ЦРД), рассмотрены некоторые актуальные проблемы, возникающие при выполнении, согласовании и утверждении проектов ликвидации угледобывающих предприятий.

ЦРД является одним из сложнейших по горно-геологическим условиям угледобывающих регионов. Подобные месторождения угля в мировой практике почти не эксплуатируются из-за экономической нецелесообразности.

За последние 5 лет из 27 шахт региона выведены из эксплуатации и находятся на различной стадии ликвидации 9 шахт. Их закрытие осуществлено в основном из-за низких технико-экономических показателей работы, вызванных сложной экономической ситуацией в Украине и в отрасли. Вывод шахт из эксплуатации осуществлялся спонтанно, без определенного плана, что в свою очередь выявило ряд проблем, которые в настоящее время не решены или находятся в стадии локального их решения.

Имеющиеся проблемы можно разбить на четыре группы: социальные, технические, экологические и финансовые.

Социальные проблемы очевидны – это необходимость трудоустройства трудящихся потерявших работу в следствии ликвидации шахт. В угольном регионе при ликвидации шахт теряют работу не только трудящиеся ликвидируемых шахт, но и работники предприятий входящих в инфраструктуру обслуживания шахт.

Поэтому для ЦРД срочно нужна комплексная программа развития производственной инфраструктуры не связанной с угольной отраслью.

Технические проблемы – это проблемы, возникающие при принятии технических решений по отдельным технологическим звеньям шахты.

В результате применения такой нормативной базы в процессе ликвидации шахт приходится, как это не парадоксально, выполнять работы по приведению всех технологических звеньев шахты в соответствие с нормативами, установленными для крупного действующего предприятия.

Учитывая, что на ликвидируемых шахтах, закрываемых из-за низких ТЭП, все технологические звенья, как правило, почти полностью разрушены и процесс их приведения в соответствии с нормами весьма капиталоемок (10-15 млн. грн.). Приходится восстанавливать – подъемы, водоотливные комплексы, системы хозяйственного и производственно-противопожарного водоснабжения, системы сброса шахтных вод в окружающую среду и т.п.

Глобальной проблемой для ЦРД в свете ликвидации шахт является отсутствие оптимизированного четко установленного срока ликвидации шахт, что не позволяет осуществить разработку мониторинга управления гидрогеологической обстановкой в регионе, без которой невозможно экономически оптимизировать работы по организации водоотливных комплексов, как при ликвидации отдельных шахт так и для региона в целом.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КРУПНОСТИ ИСХОДНОГО ПРОДУКТА НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ БАРАБАННЫХ МЕЛЬНИЦ

Царенок И.А., Национальный горный университет, Днепропетровск

В настоящее время актуальным вопросом процесса рудоподготовки является существенное снижение крупности материала поступающего на первую стадию измельчения. Учитывая то, что энергоемкость процесса дробления составляет примерно 3-4 кВт ч/т, а измельчение в шаровых мельницах доходит до 18-20 кВт ч/т, то снижение крупности продукта, который поступает на измельчение, является актуальным.

Крупность кусков малого размера можно добиться следующими способами:

1) путем взрыва горной породы, но с определенной расстановкой зарядов, чтоб создать такую ударную волну, которая давала бы очень мелкий продукт;

2) ударным воздействием на материал;

3) раздавливанием и истиранием между двумя поверхностями;

4) раздавливанием и истиранием кусков о кусок;

5) электрогидравлическим способом.

Для всех этих способов существует оборудование в котором можно добиться наименьших кусков. Сегодня можно получить мелкий продукт не прибегая к измельчению на дробилках. Основными из них являются: конусные дробилки мелкого дробления (КМД), щековые (ЩДС, ЩДП) и валковые дробилки с гладкими валками, дробилки ударного действия (ДРС, ДРК, молотковые дробилки), конусные инерционные дробилки (КИД).

При эксплуатации конусных дробилок (КМД) были получены результаты из которых следует, что повлиять на крупность можно следующими способами:

1) изменяя грансостав питания;

2) обтачивая поверхности броней чаш и конусов дробилки добиваются уменьшения размеров разгрузочных щелей менее 8 мм (так как это приводит к закруплению продукта дробления);

3) уменьшением числа качаний дробящего конуса и созданием специального профиля дробящей полости;

4) уменьшением угла отклонения оси конуса от оси дробилки;

5) меняя ширину разгрузочной щели во всех стадиях дробления;

6) меняя крупность и гранулометрический состав продукта питания дробилки.

В валковых дробилках существует возможность регулирования расстояния между валками для получения продукта дробления нужной крупности.

В молотковых дробилках разрушение кусков вызывается ударом молотков, ударом кусков о плиты, раздавливанием и истиранием кусков молотками на колосниковой решетке.

В конусных инерционных дробилках повлиять на крупность дробленого продукта можно при:

1) повышении числа качаний конуса;

2) увеличении дробящего усилия которое обеспечит высокую степень дробления;

3) изменении числа оборотов и статического момента дебалансных вибраторов;

4) создание высоких удельных давлений в дробящей полости. При этом осуществляется "дробление в слое".

У всех выше описанных дробилок есть недостатки. В дробилках типа КМД, за счет износа броней в параллельной зоне, постоянно происходит увеличение зазоров, а это влечет просыпание более крупных кусков. Неравномерная загрузка камеры дробления материалом приводит к одностороннему износу футеровки.

В щековых дробилках изнашиваются и часто заменяются следующие части: футеровочные плиты, распорные плиты, вкладыши в гнезда для распорных плит, вкладыши подшипников эксцентрикового вала и оси подвижной щеки.

В валковых дробилках происходит абразивный износ валков.

В молотковых и роторных дробилках недостатками являются:

изнашивание дробящих элементов вследствие абразивности дробимого материала; уровень шума вблизи работающей дробилки выше санитарных норм.

В дробилках типа КИД эксплуатационные недостатки следующие:

износ подшипников на которые насажен дебаланс;

для смены броней требуется почти полная разборка дробилки.

Существующие конусные эксцентриковые дробилки мелкого дробления по своей конструктивной генетике практически не могут обеспечить дробленый продукт крупностью менее 10 мм из-за того что дробление производится "кусок о броню".

Электрогидравлическое дробление происходит в дробилке, предварительно заполненной водой до определенного уровня. От специальных установок электрические разряды подаются на положительный электрод и, проходя через жидкость, вызывают в зоне разряда высокое давление. Разрушение материала происходит за счет высокого гидравлического давления, явления кавитации ультразвуковых и резонансных колебаний, а также температурных напряжений. Электрогидравлическая дробилка конструктивно проста и не имеет вращающихся частей.

Итак, в результате проведенного обзора ясно, что использование эксцентриковых дробилок является нецелесообразным, так как дробление происходит "кусок о броню".

Наиболее подходящими дробилками для получения наименьшей крупности являются дробилки типа КИД; дробилки ударного действия, но с учетом того, что в последних необходимо подобрать такой материал для изготовления молотков и бил, чтоб он мало подвергался абразивному износу.

Также возможно дальнейшее изучение электрогидравлического способа дробления, который дает продукт дробления такой, как и в мельницах первой стадии измельчения.

АДАПТАЦІЯ УПРАВЛІННЯ ВИЩИМИ НАВЧАЛЬНИМИ ЗАКЛАДАМИ ДО СУЧАСНИХ УМОВ

Півняк Г.Г., Пілов П.І., Салов В.О.,
Національний гірничий університет, Дніпропетровськ

Сьогодні вузи України в умовах певної децентралізації управління мають самостійно забезпечувати життєдіяльність практично за всіма елементами циклу існування. В нових умовах чинні організаційні структури ВНЗ не в повній мірі забезпечують якість управління через такі характерні риси:

мала гнучкість і пристосованість до зміни ситуації;

відсутність ланок, які займаються стратегічним плануванням;

у роботі керівників практично всіх рівнів оперативні проблеми домінують над стратегічними;

тенденція до перекладання відповідальності при вирішенні проблем, які потребують участі декількох підрозділів;

тенденція до формалізації оцінки ефективності та якості роботи підрозділів;

велика кількість "поверхів управління" між особою, яка приймає рішення, і виконавцями;

критерії визначення ефективності та якості роботи підрозділів і вузу в цілому різні;

перевантаження управлінців верхнього рівня;

підвищена залежність результатів роботи вузу від кваліфікації, особистих і ділових якостей вищих управлінців.

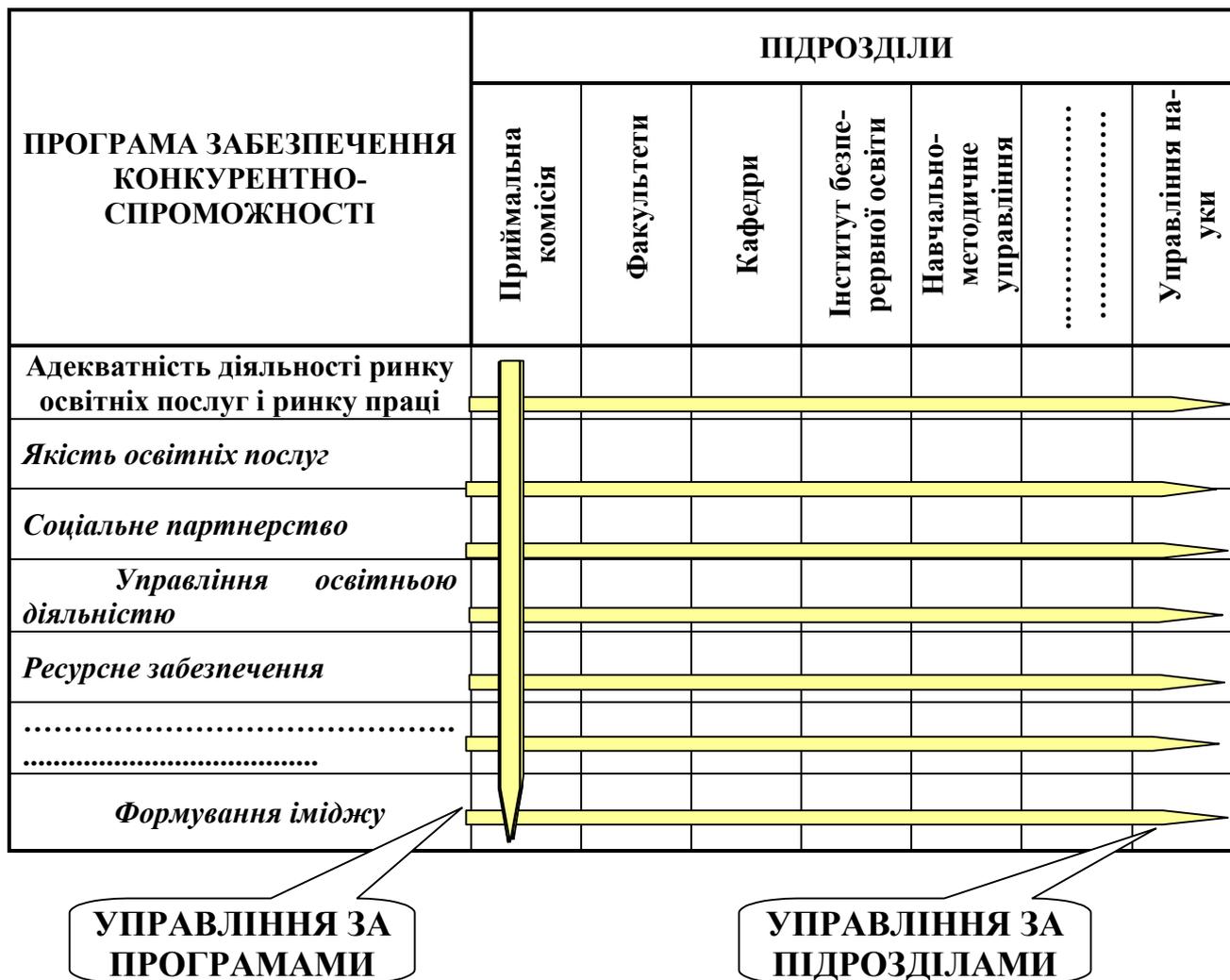
Система вищої освіти повинна мати адаптивні властивості для коректування характеристик під зміни завдань економіки та суспільства. Цілеспрямований вибір засобів адаптації залежить від попиту на освіту, вимог споживачів освіти до рівня необхідних знань і навичок, характеристик конкурентного середовища, економічних можливостей населення, темпів скорочення державної підтримки вищої освіти тощо.

Адаптація системи освіти до сучасних і майбутніх умов можлива через реалізацію специфічних цільових програм.

Для управління цільовими програмами чинні ієрархічні структури замінюються адаптивними, наприклад, матричними, які на початковому етапі найбільш доцільні для застосування вищими навчальними закладами і дозволяють встановити між усіма структурними підрозділами дійові горизонтальні зв'язки за цілями програм.

Управління цільовими програмами здійснюється відповідними координаційними радами, які визначають права й обов'язки структурних підрозділів вузу та встановлюють систему їх взаємодії

з виконання конкретної цільової програми. У склад координаційних рад входять представники всіх підрозділів:



Досвід застосування матричної структури управління свідчить про такі її позитивні якості:

- орієнтація всіх підрозділів на конкретні програмні цілі;
- гнучке використання персоналу та його компетентності;
- ефективність контролю за окремими завданнями цільової програми;
- створення умов для самовдосконалення персоналу;
- скорочення часу на виконання програм через створення горизонтальної комунікації і єдиного центру прийняття рішень;
- підвищення ефективності використання ресурсів.

Впровадження адаптивних структур управління вимагає нових підходів до формування штатного розкладу та посадових обов'язків, підвищення рівня корпоративної культури та кваліфікації співробітників вищих навчальних закладів.

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ НАДЁЖНОСТИ И РЕМОНТОПРИГОДНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ ПРОКАТНЫХ СТАНОВ

Большаков В.И., Институт черной металлургии НАН Украины, Днепропетровск

Рассмотрен комплексный подход к оценке надёжности и повышению работоспособности прокатных машин. Показано, что полнота и корректность динамических расчётов оборудования прокатных станов позволяет обоснованно перейти к определению долговечности создаваемого оборудования и других характеристик его надёжности. Классифицированы по четырём группам возможные пути снижения динамических нагрузок, поскольку их влияние следует считать домини-

рующим. Отмечена важность проведения комплекса мероприятий, связанных с повышением надёжности, снижением простоев, эксплуатационных затрат и др. К узловой проблеме отнесено правильное определение истинного теоретического закона распределения. Разработанный НМетАУ новый критерий, основанный на энтропийном подходе, вносит достаточную определенность.

Важным является учёт механических характеристик материала, из которого изготовлены элементы и детали оборудования. Для оценки их ресурса при спектральном нагружении разработана модель накопления усталостных повреждений. Предложена автоматизированная система оценки и поддержания надёжности. Подчёркнута актуальность выбора рациональных методов изготовления и упрочнения деталей, учёт масштабного фактора, своевременной диагностики.

Эти и другие изложенные мероприятия должны способствовать успешному решению вопросов эффективности и рентабельности производства.

УДК 531.22:004.052:550.34:551.509

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВНУТРЕННИХ ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ ТЕЛА

Дыченко А.С., Украинский государственный университет пищевых технологий

При внешнем силовом воздействии на физическое тело в нем возникают внутренние силы противодействия. Распределение внутренних сил в теле зависит от схемы внешнего нагружения и геометрической формы самого тела. Для тонкостенных оболочек распределение внутренних сил рассчитывается исходя из положений современной теории тонкостенных оболочек или с помощью автоматизированных программных продуктов инженерного анализа, использующих метод конечных элементов, практически ставшим мировым стандартом. От правильности определения внутренних сил зависят прочность, долговечность и надёжность конструкции.

В связи со сложностью решения практических задач теории оболочек по уравнениям общей теории оболочек на практике используется безмоментная теория, уравнения которой аналитически получены из уравнений общей теории оболочек при принятых допущениях о малой жесткости оболочки на изгиб и малых изменениях кривизны и кручении срединной поверхности. Безмоментная теория оболочек основывается на тех же исходных теоретических положениях, что и общая теория и наследует все ее качества.

Теоретические результаты рассмотрены для двух простых задач теории оболочек. Оболочки представляют собой длинные тонкостенные короба. Поперечное сечение одной составлено из двух круговых дуг, вторая – эллиптическая. Оболочки нагружены внутренним газовым давлением p . В среднем по длине сечения коробов двумя плоскостями на расстоянии dl между ними выделяется элемент оболочки, у которого в сечениях, параллельных осям X и Y , рассматривается отношение теоретических значений внутренних сил к внешней силе. Расчеты показывают, что равновесие сил сохраняется только для случая выделения элемента, представляющего собой часть окружности. Во всех остальных случаях равновесие сил нарушается. Полученные результаты приводят к следующим выводам:

главные радиусы кривизны оболочки не являются физическим параметром, определяющим величину внутренних сил;

постулируемое современной теорией оболочек положение об отсутствии у симметричных оболочек, нагруженных нормальным, равномерно распределенным поверхностным нагружением, моментов и нормальных поверхности сил не соответствует их действительному напряженному состоянию.

Большая потребность промышленности и науки в универсальных, быстрых и удобных средствах реализации широкого спектра расчетов явилась причиной создания большого количества автоматизированных программных продуктов инженерного анализа. В настоящее время прикладные программы, использующие метод конечных элементов (МКЭ), практически стали мировым стандартом выполнения инженерного анализа.

В основе метода конечных элементов лежит вариационный интегральный принцип Лагранжа, являющийся одним из фундаментальных принципов механики. Метод конечных элементов преду-

смачивает разделение анализируемой системы на отдельные элементы конечных размеров, неразрывно связанных между собой в узловых точках, для которых должен быть известен характер соотношения между перемещениями и реакциями в узлах. Связь между узловыми силами и перемещениями устанавливается матрицей жесткости, которая является интегральной характеристикой как физических свойств материала и геометрии элемента, так и геометрических свойств сетки элементов, аппроксимирующей систему. В каждом случае матрица жесткости уникальна и определяет соответствие результатов расчетов исходной задаче. Результат расчета напряженного состояния системы может быть получен при любой матрице жесткости, но насколько он будет соответствовать исходной задаче, проверить можно лишь с помощью его анализа.

Проверка соответствия решений программными средствами инженерного анализа проводилась на простых задачах теории оболочек, имеющих аналитическое решение. Расчеты задач выполнялись разработчиками программных средств, их дилерами или профессиональными пользователями. Проверка результатов работы программных средств осуществлялась их сопоставлением с результатами аналитического решения и проверкой сохранения равновесия сил, действующих в различных сечениях оболочек. Проведенный анализ показал, что ни одна из программ инженерного анализа, имеющихся сейчас на рынке, не дали результатов, соответствующих исходной задаче. Причем отличались не только локальные значения сил, но и направления их действия и характер их распределения по сечениям. Результаты проверки работы программных средств инженерного анализа свидетельствуют о необходимости четких указаний в документации к ним о классе решаемых задач и обязательной сертификации программ по результатам их работы. Аналитические результаты во всех случаях показали полное соответствие значений внешних и внутренних сил, содержащих 10-12 значащих цифр, при минимальном значении потенциальной энергии всей системы.

Аналитическое решение задач теории оболочек выполнялось по новой технологии, разработанной в Украинском государственном университете пищевых технологий. Высокая точность результатов расчета напряженного состояния оболочечных систем, возможность анализа упругих систем и систем, не обладающих упругими свойствами, представляют интерес для ее использования при исследовании физического состояния земной коры, атмосферы и гидросферы, выявления условий возникновения катастрофических тектонических, атмосферных и гидросферных явлений и создания на этой основе прогнозирующих геоинформационных технологий. Предлагается совместное проведение работ в области исследования Земли как единой системы.

УДК 622.628.25

О ВЫБОРЕ ТИПА ПЕРЕДАЧИ ШАХТНОГО ЛОКОМОТИВА С ДИЗЕЛЬНЫМ ДВИГАТЕЛЕМ

Таран И.А., Ширин Л.Н., Национальный горный университет, Днепропетровск

Факторами, ограничивающими область применения в шахтных условиях электровозной откатки, являются взрывоопасность и газообильность горных выработок. Технично-экономические показатели работы шахтных локомотивов не удовлетворяют постоянно возрастающих требований угольной промышленности. Решение этого вопроса за рубежом связано с созданием шахтных локомотивов с дизельным двигателем. Создание отечественных дизелевозов в Украине длительный период сдерживалось трудностями очистки и охлаждения выхлопных газов. В настоящее время эта проблема не является сдерживающим фактором, а позитивный мировой опыт свидетельствует, что при использовании дизелевозов откатка одного тонно-километра стоит в 1,5 раза ниже, чем при использовании аккумуляторных электровозов. В отличие от аккумуляторного электровоза локомотив с дизельным двигателем является автономным. При сгорании топлива в цилиндрах двигателя внутреннего сгорания химическая энергия топлива превращается в механическую работу на коленчатом валу. В свою очередь с вала двигателя энергия через специальную передачу передается к движущим колесным парам, где преобразуется в силу тяги. Данная работа посвящена рассмотрению и анализу различных типов силовых передач, возможных для применения в указанном локомотиве. Подробная классификация всех предложенных систем передач в литературе отсутствует. Основными видами передач, наиболее часто используемыми в практике машиностроения,

являются: 1) механическая передача, в которой энергия от входного вала к выходному передается через валы, зубчатые колеса и муфты трения чисто механическим путем, для изменения передаточного отношения передачи включаются зубчатые пары с различным числом зубьев; 2) гидравлическая (гидростатическая) передача, в которой, кроме зубчатых колес и валов, имеются насосы, приводимые от вала дизеля, и гидравлические двигатели, соединенные с движущими колесами, величины крутящего момента и угловой скорости преобразуются, и передаточные отношения изменяются или в гидроэлементе, или переключением зубчатых пар, или сочетанием указанных способов; 3) электрическая передача включающая в себя генератор, приводимый дизелем, и тяговые электродвигатели, соединенные с движущими колесами, механическая энергия двигателя полностью преобразуется в электрическую в генераторе и затем электродвигателями вновь преобразуется в механическую. Преобразование момента и скорости осуществляется в электропередаче плавно или ступенями, в зависимости от типа электродвигателя и способа управления ими.

В 1969 г. и повторно в 1978 г. Дружковский машиностроительный завод (ДМЗ) изготавливал опытные образцы дизелевозов Д8-900 и 2Д8-750 оборудованные механической системой передач, и дизелевоз Д8-900 на котором применена гидростатическая система передач. Выполненный нами сравнительный анализ этих передач свидетельствует, что по сравнению с механической гидравлическая передача обладает следующими преимуществами: а) обеспечивается плавное регулирование скорости дизелевоза от нуля до максимума за счет производительности гидронасоса; б) упрощается управление локомотивом; в) исключается необходимость оборудования локомотива дополнительными тормозными средствами, так как торможение локомотива может быть выполнено при помощи гидромоторов; г) облегчается конструктивное решение, так как между насосом и гидродвигателями осуществляется гибкая связь, что позволяет рассматривать секционную схему построения дизелевоза.

Проведённые нами исследования позволяют утверждать, что однозначно рекомендовать гидравлическую передачу в качестве основной для применения на дизелевозах преждевременно. Необходимо разработать обобщенную динамическую модель движения дизелевоза оборудованного различными передачами для определения механических и энергетических показателей, которые и послужат основаниями для выбора типа передачи. Этому посвящены совместные исследования НГУ и ДМЗ.

УДК 622.625

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ РЕЛЬСОВОГО ТОРМОЗА ШАХТНЫХ ЛОКОМОТИВОВ

Новицкий А.В., Национальный горный университет, Днепропетровск

Основным видом вспомогательного транспорта на шахтах в настоящее время является локомотивная откатка. Особенности её эксплуатации являются малые длины откатки, наличие знакопеременных уклонов рельсового пути в грузовом направлении, низкие значения коэффициента сцепления колес с рельсами. Производительность локомотивного транспорта пропорциональна

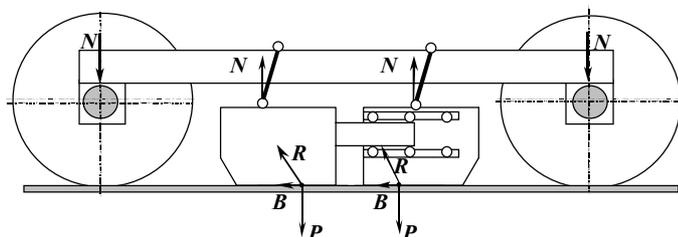


Рис.1 Магниторельсовая система нагружения букс

весовой норме поезда и скорости его движения. Считается, что увеличение скорости движения не дает роста производительности ввиду малых длин откатки, несовершенства рельсового пути. Основным резервом повышения – является увеличение весовой нормы поезда, значение которой ограничивается уклоном рельсового пути. При наличии уклонов рельсового пути в грузовом направлении вес состава ограничивается эффективностью тормозной системы.

Существующие тормозные средства сконцентрированы непосредственно на локомотиве, а реализуемая тормозная сила ограничивается предельной силой сцепления.

Одним из перспективных направлений повышения тормозных качеств локомотивов является применение совместно с колесно-колодочным тормозом рельсового магнитного. Рельсовый тор-

моз реализует тормозную силу при непосредственном взаимодействии с рельсом, минуя колеса локомотива. Эффективность магниторельсовой системы пропорциональна силе магнитного притяжения, не зависит от массы транспортного средства и уклона пути. Повысить надежность магниторельсовых систем позволяет использование в качестве источников магнитного потока постоянных магнитов. Одним из вариантов применения рельсовых магнитов на локомотивах является использование их для дополнительного нагружения осей магнитной силой (рис. 1). Конструкция позволяет повысить эффективность колесно-колодочного тормоза и одновременно устойчивость экипажа при движении.

Отличительной особенностью предлагаемой конструкции является кинематическая связь ведущего звена подъемного механизма с рельсовым магнитом для восприятия его тормозной силы, которая затем трансформируется подъемным механизмом в подъемную силу и прикладывается к магниту по вертикали. Подъемное усилие пропорционально мгновенной силе притяжения магнита к рельсу, но не превышает его. При прохождении электровозом неровностей пути, рельсовых стыков, загрязненных участков происходит образование углового зазора в зоне контакта магнита и рельса, что вызывает увеличение сопротивления магнитной цепи за счет возникновения воздушного зазора и ведет к ослаблению или разрыву силового взаимодействия между экипажем и рельсом.

Разработаны и исследованы конструкции рельсовых тормозов, допускающие относительные продольные перемещения секций тормоза при изменении расстояния от поверхности рельса до опорной балки, но отсутствуют детальные математические модели, позволяющие дать качественную и количественную оценку процессов трения секций тормоза о рельс, разгрузки рельсового тормоза подъемным механизмом, увеличения нагрузки на ось.

Дальнейшее совершенствование указанных конструкций рельсовых магнитов возможно на основе теоретических и экспериментальных исследований процессов взаимодействия секций тормоза между собой и рельсом в реальном режиме работы.

УДК 669.018.95

НОВЫЕ МЕЛКОДИСПЕРСНЫЕ ТВЕРДЫЕ СПЛАВЫ WC—Ni—Co

Савченко Ю.В., Национальный горный университет, Днепропетровск

Материаловедческие исследования сплавов карбида вольфрама с кобальтом, никелем и железом проводятся с 1926 г., когда появился этот класс материалов. Наиболее удачным оказалось применение кобальта как связующей фазы. Поэтому кобальтовой связке посвящено наибольшее количество работ по твердым сплавам.

Добыча полезных ископаемых и образующиеся при этом отходы являются одним из главных источников загрязнения окружающей среды.

Наиболее крупный источник вторичного вольфрама – твердосплавное производство, на долю которого приходится более половины потребляемого вольфрама.

Вольфрам, кобальт и никель, основные компоненты для производства твердых сплавов – остродефицитные металлы.

Разработана промышленная высокоэффективная технология производства режущего, разрушающего и формообразующего инструмента из вольфрамокобальтовых и вольфрамоникелевых сплавов путём прямой регенерации вторичного сырья без использования термохимических и металлургических методов.

Новая технология объединяет технологические потоки утилизации твердосплавного лома, изготовление реакционных ампул, приготовление взрывчатой смеси и зарядов ВВ, регенерацию, классификацию, тонкий помол и спекание, реализация которых и обеспечивает получение готовой продукции.

Повышенный интерес в последнее время вызывают новые разработанные на основе описанной выше технологии твердые сплавы системы карбид вольфрама—никель—кобальт. Это связано с необходимостью получения новых механических свойств и замены постоянно дорожающего кобальта более дешевым и менее дефицитным никелем.

В таблице приведены физико-механические свойства нового сплава, полученного переработкой отходов конверсионного лома из сплава WC+Ni.

Таблица 1.

Марка сплава	Предел прочности при изгибе, Н/мм ²	Плотность, г/см ³	Твёрдость, HRA
WC+Ni	1519	14,02	85
Модифицированный сплав ВНК WC+Ni+Co	201	14,01	88

Сплав двухфазный, пористость по объему составляет 0,1 %, размер пор до 20 мкм, фаза типа η_1 отсутствует, связка распределена равномерно, толщина прослойки 0,5-1,5 мкм, зернистость равномерная 1-3 мкм, встречаются зёрна до 15 мкм

Высокая эффективность новых твёрдых сплавов подтверждена промышленными испытаниями твёрдосплавных пластин и зубков для резцов ЗР4-80С и РКС-1С исполнительных шнековых органов угольных и проходческих комбайнов для выемки угля на шахтах Западного и Центрального Донбасса.

Экспериментальные резцы имели преимущества по сравнению с применяемыми, так как не было замечено выкрашивания и отрывов твёрдосплавной режущей пластины от державки, расход экспериментальных резцов на 50 % меньше, чем традиционных. Это связано с отсутствием выкрашивания режущих пластин, режущие пластины изнашивались одновременно с державкой.

Таким образом, показана принципиальная возможность использования ударно-волновой обработки как фактора, стимулирующего процессы разрушения порошковых изделий любой конфигурации, с целью получения высококачественного первичного материала для дальнейшей формовки и спекания при производстве инструмента различного назначения из высококачественного конверсионного лома для народного хозяйства.

Разрабатываемые твердые сплавы системы карбид вольфрама—никель—кобальт с различным содержанием компонентов по сравнению с традиционно применяемыми вольфрамокобальтовыми сплавами при наличии одинакового процента связки обладают повышенной твёрдостью и пределом прочности при изгибе, а благодаря этому – повышенной износостойкостью.

НЕКОТОРЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКСА VISUALNASTRAN 4D ДЛЯ ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ РАБОТЫ И ПРОЧНОСТНЫХ РАСЧЕТОВ В УГОЛЬНОМ МАШИНОСТРОЕНИИ

Воскресенский В. С., «Донгипроуглемаш», Донецк

В докладе изложены следующие вопросы:

- 1 Краткое изложение возможностей программно-аппаратного комплекса visualNastran 4D с демонстрацией некоторых примеров.
- 2 Применение программно-аппаратного комплекса visualNastran 4D для расчета элементов горных машин:
 - 2.1 Прочностной расчет методом конечных элементов частей гидростойки крепи (корпуса гидроцилиндра и плунжера).
 - 2.2 Прочностной расчет методом конечных элементов стрелы манипулятора бурильной установки для анкерного крепления УАК1.
 - 2.3 Прочностной расчет методом конечных элементов вентиляторного колеса вентилятора главного проветривания ВЦ-5. Особенностью примера является то, что аналогичный расчет невозможно провести другими известными методами расчета. Правильность и точность расчета подтверждены опытом.
 - 2.4 Прочностной расчет методом конечных элементов вентиляторного колеса вентилятора местного проветривания ВЦ-13.
 - 2.5 Анализ погрузочной способности питателя проходческого комбайна КПА с перебором различных вариантов погрузочных элементов и скоростей. В результате анализа были подоб-

раны оптимальные параметры питателя проходческого комбайна (форма погрузочных звезд и скорость вращения).

2.6 Прочностной расчет траков цепи проходческого комбайна КПД.

2.7 Расчет собственных частот и колебаний шахтной вагонетки ВЛГ с применением двух типов подвески. В результате моделирования стало видно, что применение таких двух типов подвесок шасси вагонетки дает практически одинаковый результат (частоты колебания корпуса).

2.8 Кинематический и силовой анализ бесцепной системы подачи (цевочного зацепления) очистного комбайна с применением различных вариантов движителей (звезд и рейки) с определением скорости комбайна. В результате анализа был определен оптимальный вариант движителя, удовлетворяющий конструктивным требованиям.

2.9 Кинематический анализ редуктора исполнительного органа проходческого комбайна КПА с определением скоростей и моментов.

УДК 621.981.21

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАСЧЕТА УСИЛИЙ И КОНФИГУРАЦИИ РОЛИКОВ ДОГИБОЧНОЙ МАШИНЫ

Сторожев В.И., Кононов Ю.Н., Щепин Н.Н., Донецкий национальный университет, Донецк
Плескач Б.В., АО Новокраматорский машиностроительный завод, Краматорск

Современное машиностроение характеризуется стремлением выполнять изделия из меньшего количества деталей, хотя бы более крупных по размерам, так как благодаря этому сокращается количество стыков, уменьшается трудоемкость изготовления изделия повышается его эксплуатационная надежность и сокращаются непроизводительные расходы металла в стружку. Успехи в развитии сварки и физических методов контроля сварных соединений обеспечили возможность изготовления с применением гибочных и правильных работ высококачественных деталей из листовых заготовок толщиной до 32 мм. В настоящее время гибка и правка широко применяется при массовом производстве одношовных сварных труб большого диаметра для газо- и нефтепроводов [1].

Представлены результаты разработки и исследования математической модели расчета усилий и конфигурации роликов догибочной машины, которая является дальнейшим развитием работ, проводимых АО НКМЗ по конструированию и изготовлению оборудования для производства труб большого диаметра на Харцызском трубном заводе (ОАО "ХТЗ").

В последнее время на ОАО "ХТЗ" применяется высоко эффективная технология изготовления одношовных труб большого и среднего диаметра, в процессе которой листовая заготовка проходит цикл прокатки для получения овальной заготовки, имеющей непрокатанные концевые участки, и прокатка краев заготовки на догибочной машине.

В рамках представленной работы на основе конечно-элементного анализа разработана математическая модель по расчету напряженно-деформированного состояния (НДС) овальной трубной заготовки при ее прохождении через догибочную машину и расчету усилий и конфигурации роликов догибочной машины.

При построении математической модели сделаны следующие предположения:

- а) верхний и нижний ролики считаются абсолютно жесткими;
- б) задача по расчет НДС овальной трубной заготовки рассматривается в динамической плоской постановке;
- в) используется модель пластического деформирования с трансляционным упрочнением;
- г) при помощи подвижного клина задается предварительное напряженное состояние овальной трубной заготовки;

С использованием конечно-элементного пакета Ansys/LS-DYNA [2] разработан программный комплекс на языке APDL для проведения расчетов НДС овальной трубной заготовки, определения усилий на роликах и расчета конфигурации роликов.

Проведенные численные исследования зависимости геометрических параметров и усилий на роликах от толщины и физико-механических свойств трубной заготовки позволили определить за-

даваемые усилия на ролики и конфигурацию роликов догибочной машины для одношовных труб диаметром 711 – 1422 мм.

Библиографические ссылки.

1. Мошнин Е.Н. Гибка и правка на ротационных машинах.– Технология и оборудование.– М.: Машиностроение, 1967.
2. ANSYS. Basic Analysis Procedure Guide. Rel. 5.3.– ANSYS Inc.– Houston, 1994.

УДК 539.3

ФОРМИРОВАНИЕ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТЕЛ В ПРОЦЕССЕ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ

Сясев А.В., Днепропетровский национальный университет, Днепропетровск

В последнее время методы теории упругости и теории теплопроводности широко используются при моделировании различных технологических процессов в металлургии. В предыдущих работах предложен приближенный аналитический метод и алгоритм решения задач термовязкоупругости для растущих (с подвижной границей) тел с учетом фазового перехода при наличии теплообмена с окружающей средой. Предложенный метод позволяет учитывать связанность механических и температурных полей в процессе кристаллизации и их влияние на параметры фазового перехода, а также определять закон движения фронта кристаллизации и термомеханическое состояние в теле. Он дает возможность построения адекватных моделей современных технологических процессов в областях, связанных с обработкой металлов давлением в литейно-прокатных комплексах, производством труб, изготовлением деталей и конструкций из композитных и полимерных материалов методами наращивания.

Приведены и проанализированы результаты решения конкретных задач, которые получены с помощью разработанного метода: кристаллизация стержня с теплоизолированной боковой поверхностью; задача о наращивании стержня при тепловом взаимодействии с окружающей средой с учетом фазового перехода; формирование напряженно-деформированного состояния растущего цилиндра при наличии фазового перехода с учетом теплового взаимодействия с окружающей средой. Изучено влияние изменения во времени температуры поверхности стержня и длины стержня на закон движения границы раздела фаз, получен график закона движения фронта кристаллизации растущего стержня при различных значениях коэффициента теплоотдачи, исследована зависимость влияния условий теплообмена с окружающей средой на процесс кристаллизации в стержне; распределение во времени напряженно-деформированного состояния растущего цилиндра.

Работоспособность алгоритма подтверждается сравнением полученных результатов с данными, известными из литературы. Анализ полученных результатов показывает, что изменение условий теплообмена с окружающей средой и геометрических размеров оказывают определяющее влияние на процесс кристаллизации, а следовательно и на температурные и механические поля.

УДК 622.235

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЭМУЛЬСИОННЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ НА КАРЬЕРАХ

Глушко А.И., Национальный горный университет, Днепропетровск

Эмульсионные взрывчатые вещества (ЭВВ) относятся к классу водосодержащих взрывчатых веществ (ВВВ) и являются перспективными ВВ, т. к. обладают рядом преимуществ перед тротилосодержащими гранулированными ВВ. К достоинствам ЭВВ относят: полноту завершения химической реакции, водоустойчивость, безопасность при применении, обеспечиваемая за счёт низкой чувствительности к взрывному импульсу ЭВВ и компонентов входящих в его состав. Применяемое в Украине ЭВВ типа украинит обладает такими свойствами. Одним из недостатков некоторых ЭВВ является их низкая чувствительность к взрывному импульсу, в результате необходим боевик большой мощности для инициирования заряда.

Основными характеристиками взрывчатых веществ является: теплота взрыва, объем газов, кислородный баланс реакций. Продукты взрыва эмульсионных ВВ обычно не содержат вредных газов (окисей азота или угарный, сажу), образование вредных газов обусловлено наличием химических компонентов в горной породе и их образованием при детонации заряда. В эмульсионных ВВ возможно изменение их характеристик за счет изменения компонентного состава.

Применение современных ЭВВ возможно в любых горно-геологических условиях. Эффективное применение ЭВВ возможно при высокой степени механизации процесса заряжания скважинных зарядов и с учетом горнотехнических факторов. При зарядании скважин ЭВВ, можно формировать заряд с различными взрывными характеристиками. Приготовление ЭВВ с различными характеристиками осуществляется на доставочнозарядной машине типа Акватол. В сложных горно-геологических условиях, когда необходимо формировать рассредоточенный заряд, возникают сложности при зарядании, обуславливаемые текучестью ЭВВ.

Основными потребителями ВВ на открытых горных работах в Украине являются предприятия железорудной и нерудной промышленности. Для нерудной промышленности – характерно рассредоточенность предприятий, на которых выполняются взрывные работы (ВР) и небольшие объемы производства ВР, т.е. необходимо доставлять промышленные ВВ на большие расстояния. В железорудной промышленности, где высокая концентрация горных работ, расстояния доставки не столь значительны, но объемы взрывных работ большие и необходимо в короткий срок завести ВВ на взрываемый блок. Учитывая данные особенности выполнения ВР, необходимо выбрать место и способ приготовления ЭВВ, а критерием является безопасность выполнения, минимальные финансовые затраты.

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ГОРНОЙ МАССЫ НА ОСНОВЕ ПРОЦЕССА СЕГРЕГАЦИИ

Надутый В.П., Лапшин Е.С.,

Институт геотехнической механики НАН Украины, Днепропетровск

При воздействии на сыпучую горную массу вибрацией, импульсами, а также при сдвиге происходит сегрегация: тяжелые и мелкие частицы мигрируют вниз, а легкие и крупные – вверх. В таких технологических операциях, как транспортирование, измельчение, смешение, дозирование, подобное расслоение сыпучей горной массы снижает эффективность работы оборудования. При грохочении сегрегация – полезное явление, ибо благодаря ей мелкие частицы перемещаются по толщине слоя и вступают в контакт с ситом, где происходит просеивание.

Учитывая распространенность и существенное влияние этого явления на ход многих технологических процессов, связанных с переработкой сыпучей горной массы, в ИГТМ НАН Украины разработана его математическая модель.

Вероятностная природа сегрегации моделируется марковской неоднородной цепью, учитывающей изменения грансостава и высоты слоя сыпучей горной массы.

Проведенные исследования показали, что за счет рациональной организации процесса сегрегации удастся выполнить достаточно эффективное разделение сыпучей горной массы, на основе которого возможен выход из технологического процесса потока крупных частиц. Иными словами, за счет сегрегации достигается предварительная подготовка сыпучей горной массы перед поступлением в рабочую зону машины, что повышает эффективность и производительность ряда обогатительных машин.

Этот способ, например, реализуется с помощью сегрегатора-питателя. На сыпучую горную массу оказывают вибрационное действие, которое вызывает расслоение. Из верхней части сегрегатора-питателя удаляются крупные частицы, а мелкие, сосредоточенные в нижней части, подают на грохот, мельницу и т.п. В результате обеспечивается снижение нагрузки на машину, а также уменьшаются энергозатраты на переработку сыпучей горной массы.

В качестве сегрегатора может быть использован неподвижный наклонный лоток, в котором достигается быстрое гравитационное перемещение горной массы, а также ленточный конвейер.

В заключение приведем пример вывода крупных частиц непосредственно из рабочей зоны машины. При анализе вибрационного процесса грохочения выявлено, что крупные частицы,

скопившиеся в верхней части слоя сыпучей горной массы, находящейся на сите (в рабочей зоне машины), целесообразно отбирать, а не продолжать транспортировать по ситам. Это снижает нагрузку на грохот. А также повышает вероятность просеивания мелких частиц, особенно на конечной стадии грохочения, когда высота слоя значительно уменьшается. С учетом этого процесса целесообразно использовать грохоты-питатели или грохоты с промежуточным отбором верхнего слоя.

УДК 622.625.28

ПРИМЕНЕНИЕ РЕЗИНОМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В СИСТЕМЕ ПОДВЕШИВАНИЯ ХОДОВОЙ ЧАСТИ ШАХТНОГО РЕЛЬСОВОГО ТРАНСПОРТА

Ходос О.Г., Дерюгин О.В.,
Национальный горный университет, Днепропетровск

Одним из путей повышения технико-экономических показателей локомотивной откатки является совершенствование конструкции шахтного рельсового транспорта.

Снижение динамических нагрузок, возникающих в элементах шахтного рельсового транспорта при эксплуатации, является основным направлением по увеличению их срока службы, а, следовательно, и технико-экономических показателей локомотивной откатки.

Причинами возникновения динамических нагрузок на узлы и детали шахтного рельсового транспорта и нарушения устойчивого движения по рельсовым путям являются: зазоры между концами рельсов; превышение и смещение концов рельсов на стыках и других неровностях рельсового пути; неровности на ободе катания колеса; несовпадение центра шейки оси колесной пары с центром обода катания колеса и др. При работе в таких условиях шахтный рельсовый транспорт в целом и его элементы испытывают следующие виды динамических нагрузок по направлению: подпрыгивание, боковая качка, продольный сдвиг, виляние, галопирование. Эти нагрузки воспринимаются через колеса и элементы подвески.

Возникновение при движении значительных по величине нагрузок снижает срок службы рельсового транспорта и увеличивает шум, а направление этих нагрузок носит стохастический характер.

Основным решением гашения энергии удара (кинетической энергии, динамических нагрузок) является применение различных амортизирующих приспособлений.

В шахтном локомотивном транспорте нашли применение резиновые амортизаторы. В условиях резкого приложения динамических нагрузок, применение резиновых амортизаторов выгодно отличается от листовых рессор, пружин и фрикционных амортизаторов надежностью и плавностью работы, меньшими размерами, простотой конструкции и меньшей стоимостью. Резиновые амортизаторы более компактны, т.е. имеют меньшие размеры и большую энергоемкость, их конструкция проще и возможно получение более жестких характеристик с незначительным изменением размеров упругого элемента. Авторами предложены конструкции упругого буксового узла и составного упругого колеса.

Упругий буксовый узел улучшает динамику локомотива за счет демпфирования колебаний на границе подрессоренной и непрессоренной частей тягового агрегата. Применение упругого буксового узла позволяет снизить динамические нагрузки в узлах привода ходовой части на 60%, уменьшить износ бандажей колесных пар на 37%.

Ударные нагрузки на ходовую часть шахтного рельсового транспорта передаются через колеса на подшпирники, ось и далее на раму и воспринимаются телами упругими телами после того, когда они пройдут через все элементы колесной пары. Таким образом, имеет значение, где будут размещены детали, на которые необходимо оказать благоприятное влияние амортизации от ударной нагрузки, между местом приложения удара и этими деталями. Работа предлагаемого колеса основана на принципе внутриколесного подрессоривания. Необрессоренным остается только обод колеса.

Составное упругое колесо представляет собой колесо шахтного рельсового транспортного средства состоящее из обода, ступицы и расположенного между ними упругого элемента. Причем ступица размещена в ободе с зазором, который позволяет ободу поворачиваться относительно

вертикальной оси на определенный угол. При движении шахтного рельсового транспортного средства по криволинейным участкам рельсового пути вследствие давления рельса на реборду появляется горизонтальная сила, от действия которой поворачивается обод в ступице тем самым, уменьшая угол набегания

Применение составных упругих колес позволило снизить динамическую нагруженность ходовой части в 1,5 раза, уменьшить износ реборд колёсных пар в 1,6 раза, снизить количество сходов в 2,5 раза, повысить долговечность деталей и узлов в 2 раза в сравнении с локомотивами с жесткими колесами.

УДК 629.46.015:629.4.027

ЗАВИСИМОСТЬ ДИНАМИЧЕСКИХ КАЧЕСТВ ПОРОЖНИХ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ ОТ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ХОДОВЫХ ЧАСТЕЙ

Мямлин С.В., Днепропетровский государственный технический университет
железнодорожного транспорта, Днепропетровск

Анализ случаев схода грузовых вагонов при следовании их в поездах свидетельствует о том, что значительная часть сошедших вагонов порожние. Принято считать, что наиболее неблагоприятный режим эксплуатации вагонов – груженный, так как при этом выше динамическая нагруженность вагона и пути. Поэтому основное внимание уделялось именно груженому режиму, но для полноты информации о динамических качествах грузовых вагонов необходим анализ динамической нагруженности вагонов в порожнем состоянии.

В настоящей работе приведены основные результаты теоретических исследований динамических показателей ряда порожних вагонов (полувагонов, хопперов, цистерн).

При выполнении расчетов учитывалось влияние на ходовые качества порожних грузовых вагонов изменения следующих параметров: коэффициента относительного трения в рессорном подвешивании φ ; момента сил трения в пятнике $M_{тр}$; состояния профиля колеса (изношенный, неизношенный); величины зазоров в скользунах Δ .

Изменение коэффициента относительного трения в рессорном подвешивании в ту или в другую сторону от расчетного значения (7,2%) для всех рассмотренных вагонов приводит к увеличению коэффициентов вертикальной динамики на 10...20% ($\varphi = 3,6\%$), 40...80% ($\varphi = 7,2\%$), 70...80% ($\varphi = 100\%$), что существенно ухудшает ходовые качества порожних грузовых вагонов.

При отсутствии сухого трения в пятнике ($M_{тр} = 0$) по сравнению со случаем, когда $M_{тр} = 2$ кН·м, при прочих равных условиях, максимальные коэффициенты вертикальной и горизонтальной динамики увеличиваются на 8...14%, а максимальные коэффициенты запаса устойчивости от вкачивания колеса на головку рельса уменьшаются на 6...14%, что хорошо согласуется с результатами эксперимента.

Расчеты показали, что форма профиля колеса существенно влияет на ходовые качества порожних полувагона, хоппера и цистерны. При изношенном профиле колеса резко возрастают рамные силы. Так, в случае, когда профиль колеса изношенный, $\varphi = 7,2\%$ и скорость движения 70 км/ч, максимальные коэффициенты вертикальной динамики увеличиваются на 10%, а максимальные коэффициенты горизонтальной динамики увеличиваются на 25...60% по сравнению со случаем, когда профиль колеса неизношенный.

Проведенные расчеты показали, что наличие зазоров в скользунах мало влияет на ходовые качества порожних грузовых вагонов. Однако в случае, когда закрывается зазор в одном из скользунов, максимальные коэффициенты вертикальной и горизонтальной динамики увеличиваются на 10...15%.

Обобщив результаты расчетов, можно сделать вывод о том, что ходовые качества порожних грузовых вагонов существенно зависят от величины коэффициента относительного трения в рессорном подвешивании, момента сил трения в пятнике, состояния профиля колеса. Поэтому за этими параметрами необходим периодический технический контроль.

**К ВОПРОСУ О ДИНАМИКЕ ГИБКИХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ
ГРУЗОТРАНСПОРТИРУЮЩИХ УСТАНОВОК
С ПОДВИЖНОЙ ИНЕРЦИОННОЙ НАГРУЗКОЙ**

Каряченко Н.В., Национальная металлургическая академия Украины, Днепропетровск

Во многих областях современной техники широко применяются грузотранспортирующие установки, предназначенные для транспортировки штучных грузов, дискретно закрепленных на гибком тяговом органе, выполненном в виде одного или нескольких параллельных канатов, цепей, лент, расположенных горизонтально, вертикально или наклонно. К ним относятся как устройства непрерывного действия, так и циклического действия, такие как подвесные канатные дороги, установки вертикального подъема, установки, применяемые при наклонном подъеме в карьерах, элеваторы люлечного и полочного типов и др.

Общей характерной особенностью является то, что в них достаточно протяженные, прямолинейно ориентированные участки гибкого тягового органа, с закрепленными на нем несколькими штучными грузами, опираются в поперечном направлении на дискретно расположенные промежуточные опоры. Во время работы установок на участках между опорами одновременно может находиться от одного до четырех-шести и более движущихся сосредоточенных грузов, совершающих продольные и поперечные колебания вместе с тяговым органом.

Математическая модель, описывающая движение рабочих органов таких установок, аналогична математической модели, описывающей продольные и поперечные колебания канатов грузотранспортирующих канатных устройств, несущих подвижную распределенную и дискретную инерционную нагрузку.

В настоящее время канаты, тросы, кабельтросы, кабели и другие одномерные объекты при расчетах моделируются гибкой упругой нитью, которые часто работают в условиях рывков, вибраций, различного рода циклических нагрузений, что, естественно, сказывается на их прочности и должно учитываться при разработке и проектировании этих объектов. Это обстоятельство, в свою очередь, требует постановки и решения новых задач, относящихся к динамике гибких конструкций.

В большинстве работ, посвященных данной проблеме исследование динамических процессов в гибких рабочих органах строится на основании представления решений разрешающих уравнений в виде одной группы стоячих волн. Такое представление решения не позволяет описать полную динамическую картину поперечных и продольных колебаний гибких рабочих органов на всем диапазоне изменения скоростей их движения, связанную с двухволновым характером процессов, происходящих в таких установках. Если при малых скоростях движения результаты, полученные при одноволновом представлении решения пригодны к решению технических задач, то с увеличением скорости грузовых потоков, исследования, проведенные на основании такого представления, приводят к значительным, как качественным, так и количественным погрешностям.

Поэтому для исследования продольных и поперечных колебаний гибких тяговых органов грузотранспортирующих устройств с подвижной массовой нагрузкой необходимы методы решения систем разрешающих уравнений, позволяющие более точно описать динамические процессы, происходящие в них.

Исследованию таких систем в настоящее время уделяется большое внимание в связи с ростом скоростей движения перемещаемых грузов. При их расчете и конструировании важную роль играет правильный и достаточно полный учет усилий, связанных с динамическими процессами.

Двухволновое представление решения разрешающих уравнений, описывающих движение систем, несущих подвижную инерционную нагрузку, дает возможность провести более полное исследование поведения рассматриваемых систем и выявить новые качественные и количественные закономерности протекания динамических процессов, происходящих в них. Однако в работах, изучающих этим методом динамические процессы, рассматривается только равномерно распределенная подвижная массовая нагрузка, в то время как, наличие в ней сосредоточенных грузов, их количество, различия по массе и расположению оказывают значительное влияние во время движения

системы на частоту колебаний, критические скорости, изменение форм колебаний, поведение в за- критической области.

В работе [1] построено численное решение задачи о поперечных колебаниях движущихся гибких рабочих органов установок, транспортирующих сосредоточенные грузы. При представлении решения дифференциального уравнения движения в виде суммы двух групп стоячих волн, описывающих собственные и "сопровождающие" колебания, получено характеристическое уравнения для определения частот, которое может быть решено численными методами. Кроме того, определены формы колебаний и вид решения. Однако численное решение не дает возможности получить аналитическое выражение для критической скорости и определить поведение системы в за- критической области.

Проведем исследование дифференциального уравнения поперечных колебаний при осреднении коэффициентов в уравнении форм колебаний, что соответствует равномерному распределению массы сосредоточенных грузов по всей длине каната между двумя шкивами или промежуточными опорами.

При выводе уравнения движения одной из ветвей каната между двумя промежуточными опорами используем тот же подход, что и при выводе уравнений движения жидкости в весомом шланге, закрепленном по концам и имеющим длину l [2].

Проделав выкладки, аналогичные приведенным в работе [3], получим неоднородное дифференциальное уравнение поперечных колебаний одной из ветвей каната, решение которого состоит из суммы общего решения однородного уравнения и частного решения неоднородного уравнения. Нахождение последнего не представляет сложности. Однородное уравнение имеет вид

$$\rho(x) \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} + 2\rho(x)v \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial t} - (T - \rho(x)v^2) \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} = 0. \quad (1)$$

$$0 \leq x \leq l,$$

где $\rho(x) = \rho_0 + \sum_{k=1}^m M_k \delta(x - x_k)$ – погонная масса каната и сосредоточенных грузов,

$\delta(x - x_k)$ – функция Дирака; $x_k = x_{k0} + vt$ – координата k -того груза; x_{k0} – начальное положение k -того груза; M_k – масса k -того сосредоточенного груза; T – натяжение каната; l – длина участка каната между опорами; $w(x, t)$ – поперечное отклонение каната, v – скорость движения.

Построим общее решение уравнения (1) при граничных условиях, описывающих отсутствие поперечных перемещений в крайних точках рассматриваемого участка каната между опорами

$$w(0, t) = 0, w(l, t) = 0. \quad (2)$$

Решение однородного дифференциального уравнения второго порядка гиперболического типа со смешанной производной ищем в виде двухчленного представления [2]

$$w(x, t) = \varphi(x) \cos \omega t + \psi(x) \sin \omega t, \quad (3)$$

где $\varphi(x)$ и $\psi(x)$ – некоторые функции, описывающие формы колебаний.

Выполнив все необходимые вычисления, аналогичные вычислениям, проведенным в работе [1], получим уравнение для определения форм колебаний

$$(T - \rho(x)v^2) \Phi''(x) + 2i\rho(x)v\omega \Phi'(x) + \rho(x)\omega^2 \Phi(x) = 0, \quad (4)$$

где $\Phi(x) = \varphi(x) + i\psi(x)$.

Обозначим коэффициенты уравнения (4)

$$a(x) = T - \rho(x)v^2, b(x) = v\omega\rho(x), \\ c(x) = \omega^2 \rho(x)$$

и осредним их по длине участка каната между опорами.

В результате имеем

$$a = \frac{1}{l} \int_0^l a(x) dx = T - \left(\rho_0 + \sum_{k=1}^m M_k / l \right) v^2, \quad c = \frac{1}{l} \int_0^l c(x) dx = \omega^2 \left(\rho_0 + \sum_{k=1}^m M_k / l \right)$$

$$b = \frac{1}{l} \int_0^l b(x) dx = v\omega \left(\rho_0 + \sum_{k=1}^m M_k / l \right)$$

Подставив полученные выражения в уравнение (4), запишем

$$a\Phi''(x) + 2ib\Phi'(x) + c\Phi(x) = 0. \quad (5)$$

Дифференциальное уравнение (5) по виду совпадает с уравнением (17.5) работы [2].

Построив решение уравнения (5) методом, приведенным в работе [2], после необходимых вычислений, окончательно получим выражение для n -ой частоты колебаний

$$\omega_n = \frac{n\pi \left(T - \left(\rho_0 + \sum_{k=1}^m M_k / l \right) v^2 \right)}{l \sqrt{T \left(\rho_0 + \sum_{k=1}^m M_k / l \right)}} = n\omega_1. \quad (6)$$

Критическая скорость получается из (6) при условии, что $\omega_1 = 0$

$$v_1 = \sqrt{\frac{T}{\rho_0 + \sum_{k=1}^m M_k / l}}. \quad (7)$$

Под критической скоростью движения будем понимать скорость, определяющую зону устойчивости работы системы, выход за пределы которой приводит к резкому возрастанию динамических нагрузок и снижению работоспособности системы.

При скорости движения равной нулю и отсутствии грузов из выражения (6) следует

$$\omega_n = \frac{n\pi}{l} \sqrt{\frac{T}{\rho_0}},$$

что соответствует n -ой частоте колебаний весомого неподвижного каната длиной l .

Частное решение уравнения (1) будет

$$w_n(x, t) = a_n(\varphi_n(x) \cos(\omega_n t + \gamma_n) + \psi_n(x) \sin(\omega_n t + \gamma_n)). \quad (8)$$

Выражения, определяющие формы собственных $\varphi_n(x)$ и "сопровождающих" $\psi_n(x)$ колебаний имеют следующий вид:

$$\varphi_n(x) = \sin \frac{n\pi}{l} x \cos \frac{n\pi}{l} v\beta x,$$

$$\varphi_n(x) = -\sin \frac{n\pi}{l} x \sin \frac{n\pi}{l} v\beta x, \quad (9)$$

где

$$\beta = \sqrt{\frac{\rho_0 + \sum_{k=1}^m M_k / l}{T}}.$$

Полное решение дифференциального уравнения поперечных колебаний гибких рабочих органов, несущих подвижную распределенную и сосредоточенную инерционную нагрузку представляется в виде суперпозиции двух групп стоячих волн

$$w(x, t) = \sum_{n=1}^{\infty} w_n(x, t) = \sum_{n=1}^{\infty} a_n(\varphi_n(x) \cos(\omega_n t + \gamma_n) + \psi_n(x) \sin(\omega_n t + \gamma_n)), \quad (10)$$

где a_n и γ_n – постоянные, определяемые начальными условиями.

Полученные в работе формулы для определения частот, форм колебаний и критической скорости дают возможность в первом приближении определить качественную картину поведения колебаний гибких рабочих органов грузотранспортирующих установок такого типа, а при числе регулярно расположенных грузов между промежуточными опорами больше 4-х имеем хорошее количественное совпадение значений частот и вида форм колебаний с результатами, полученными на основании численного решения.

Библиографические ссылки

1. Ропай В.А., Каряченко Н.В. Поперечные колебания одномерных гибких рабочих органов грузотранспортирующих устройств, несущих подвижную инерционную нагрузку // Науковий вісник НГАУ. – 2000. – № 6. – С. 40-43.
2. Горошко О.А., Савин Г.Н. Введение в механику одномерных деформируемых тел переменной длины. – К., 1971. – 224 с.
3. Каряченко Н.В. Аналитическое решение дифференциального уравнения поперечных колебаний канатов с движущимися сосредоточенными грузами // Вибрации в технике и технологиях. – 1999. – № 3 (12). – С. 5-7.

УДК 504.064.4:658.567.3:628.54

ПОЛУЧЕНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ ЛЕГИРУЮЩИХ ДОБАВОК ИЗ НИКЕЛЬСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ ПОСЛЕ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ

Горбенко В. В., Винник И. А.,

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Харьков

Длительное время предприятия машиностроительного комплекса, цветной и черной металлургии Украины развивались без должного учета экологических последствий на окружающую природную среду. Несмотря на некоторые меры, принимаемые предприятиями по защите биосферы от воздействия токсичных веществ, экологическая обстановка в районах расположения этих предприятий остается крайне напряженной. Это связано с устаревшими технологическими процессами, износом основного оборудования, отсутствием или несовершенством процессов утилизации образующихся отходов. Данные промышленные комплексы являются градообразующими, что влечет за собой решение целого ряда проблем, таких как, обеспечение населения питьевой водой, захоронение и переработка бытовых и промышленных отходов, решение других экологических проблем.

Одной из таких проблем является утилизация твердых отходов – продуктов эрозии образующихся при электроэрозионной обработке материалов. Данный метод используется при обработке ответственных деталей сложной конфигурации, изготовленных из легированных сталей и сплавов цветных металлов, в частности никелевых. В состав продуктов эрозии входят также соединения хрома, вольфрама, молибдена, титана и др. Образующиеся в сравнительно небольшом количестве данные отходы накапливаются на территориях предприятий.

Отсутствие комплексной технологии их утилизации приводит к загрязнению окружающей природной среды. Основные составляющие отходов являются токсичными, что подтверждается значениями их предельно-допустимых концентраций (ПДК). Основным компонентом изучаемых отходов является никель. ПДК никеля и его оксида в воздухе составляет $0,001 \text{ мг/м}^3$, в воде – $0,1 \text{ мг/л}$, в почве – 4 мг/кг [1]. Воздействие на живые организмы соединений, входящих в отходы, приводит к негативным последствиям. Соединения металлов, попадая в плодородные земли, нарушают взаимосвязь в трофических цепях и, таким образом, вызывают нежелательные изменения в них. Канцерогенное действие никеля связано с внедрением его в клетки, где он вызывает нарушения ферментных и обменных процессов. Никель, связываясь с РНК, вызывает нарушение структуры и функции нуклеиновых кислот [2]. Поэтому, накопленные в отвалах отходы представляют собой экологическую опасность.

Предприятия вынуждены производить оплату за загрязнение земельных ресурсов.

В Украине практически нет сырьевой базы многих цветных металлов, а отсутствие технологии утилизации приводит к безвозвратной потере ценных компонентов. Входящие в состав отходов металлы, такие как никель, хром, молибден, вольфрам, титан являются основными легирующими элементами в сталях и чугунах [3]. Известно, что наиболее эффективным методом комплексного улучшения эксплуатационных характеристик железоуглеродистых сплавов является легирование. Это происходит за счет одновременного воздействия на внутреннее строение и свойства фаз. То есть, возможно без дополнительных капитальных затрат оказывать значительное воздействие на свойства железоуглеродистых сплавов.

Однако, данное направление сдерживается экономическими и ресурсными факторами. Использование данных отходов в качестве вторичного сырья имеет важное значение для дальнейшего развития народного хозяйства Украины, в частности, использование никельсодержащих отходов, полученных после электроэрозионной обработки деталей, в качестве легирующих добавок к чугунам и сталям является актуальной научно-технической проблемой.

На кафедре «Охрана труда и окружающей среды» совместно с кафедрой «Литейного производства» разработана технология получения комплексных легирующих добавок из отходов электроэрозионной обработки никелевых сплавов.

На первом этапе исследований изучались процессы, происходящие при электроэрозионной обработке. Удаление металла с обрабатываемой заготовки происходит под действием энергии импульса тока, которая выделяется в течение весьма короткого времени при высоких плотностях. В процессе обработки изменяется структура и свойства поверхностного слоя, происходит износ электрод - инструмента и разложение рабочей жидкости.

Материал с поверхности заготовки удаляется в твердой, жидкой и газообразной фазах. Образование оксидов происходит за счет взаимодействия кислорода среды, в которой происходит обработка, с поверхностью расплавленных отдельных более крупных или мелких частиц, которые выбрасываются с пораженной разрядом поверхности электрода. Возможная конденсация вещества из газообразного состояния, металлический пар и кислород, способствуют росту кристаллов оксидов на поверхности частицы в процессе ее кристаллизации.

Химический состав продуктов эрозии (таблица 1) выполнен с помощью рентгенофлуоресцентного анализатора «СПРУТ».

Таблица 1. Химический состав продуктов эрозии.

Продукты эрозии	Массовая доля элементов, %						
	никель	Хром	железо	Молибден	вольфрам	титан	кобальт
	63	17,35	6,36	5,57	3,6	3,35	0,73

Был выполнен также электронно-микроскопический и рентгенофазовый анализы продуктов эрозии [4], которые позволили установить, что в состав отходов входят твердые растворы металлов и их оксиды.

Основная задача переработки состоит в наиболее полном восстановлении продуктов эрозии до металлической основы. В соответствии с этим предложен высокотемпературный процесс восстановления.

Для определения направления и полноты протекания реакций использовалось изменение свободной энергии Гиббса [5].

Рассмотрены восстановительные процессы со следующими восстановителями: твердый углерод (С), оксид углерода (СО) и водород (Н₂).

Расчет изменения свободной энергии Гиббса был произведен для оксидов наиболее вероятно образующихся при электроэрозионной обработке. Результаты исследований позволили сделать вывод о том, что лучшим восстановителем при температуре более 1000К является углерод.

В процессе восстановления образующаяся газовая фаза приводит к тому, что действительным восстановителем оксидов является не столько твердый углерод сколько оксид углерода (СО). Непрерывная регенерация оксида углерода приводит к тому, что в процессе участвуют два восстановителя.

Таким образом, для создания восстановительной среды использовался твердый углерод.

Температуры начала восстановления оксидов металлов углеродом рассчитаны по методике приведенной в работе [5]. Методика основана на положении металлов в ряду по химическому средству к кислороду.

В работе [6] указывается, что подвижность частиц в кристаллической решетке оксидов металлов, согласно Г. Тамману, становится заметной при температурах, составляющих половину от температур плавления. Экспериментальные данные позволяют утверждать, что получение твердых продуктов восстановления с более или менее равновесной кристаллической структурой из оксидов металлов переменной валентности начинается около 1300К.

Одновременно с процессом восстановления оксидов происходит процесс сплавления твердых растворов металлов. Так как самое большое процентное содержание в отходах никеля (63%), то для достижения в процессе восстановления жидкой фазы выбирается температура 1773К.

Использовать для данного процесса более высокую температуру нецелесообразно, в связи со значительным увеличением энергетических затрат и возрастания летучести некоторых составляющих компонентов.

Для увеличения площади контакта составляющих компонентов с восстановителем, продукты эрозии были измельчены.

В качестве восстановителя использовался углерод в виде мелкоизмельченного электродного боя.

Процесс восстановления продуктов эрозии проводился в криптоловой печи в корундовых тиглях при температурах 1350, 1500°C в течении 30 - 120 минут с интервалом в 30 минут.

Толщина слоя продуктов эрозии была выбрана от 4 до 10мм.

При достижении в печи заданной температуры вводили тигель с шихтой и выдерживали требуемое время. После этого охлаждали на воздухе и отделяли металлическую основу от шлака вручную.

Для повышения точности и уменьшения объема экспериментальных исследований было применено математическое планирование эксперимента. Проведен дробный факторный эксперимент.

План модели описывался полиномами первого порядка. Линейная модель процесса восстановления в общем случае имеет вид:

$$y(x, a) = a_0 + a_1x_1 + \dots + a_nx_n,$$

где y – выходная функция процесса восстановления;

a_i - оценки коэффициентов модели;

x_i – факторы, влияющие на процесс восстановления.

В рассматриваемом плане каждый фактор принимает значения только на двух уровнях, которые можно обозначить +1 и -1.

Множество точек, расположенных в n -мерном пространстве, с координатами +1 (+) или -1(-), называется полным факторным планом типа 2^n . Число точек в этом плане $N=2^n$.

С увеличением факторного пространства n растет число опытов $N=2^n$ полных факторных планов. Соответственно при больших значениях n эти планы оказываются практически неприемлемыми. Дробный факторный план (ДФП) отличается от полного факторного плана (ПФП) тем, что позволяет существенно сократить количество опытов. ДФП составляет часть ПФП 2^n .

Дробный факторный эксперимент проведен по вышеуказанной методике. В качестве факторов выбраны: температура, время, количество восстановителя и толщина слоя.

Построение математической модели производилось методом наименьших квадратов.

В качестве независимых переменных выбраны: температура, °C (x_1), количество восстановителя, % (x_2), толщина слоя, мм (x_3). Общий вид модели - линейный:

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3;$$

где a_i - оценки коэффициентов модели, рассчитываемые на основании реализации плана дробного факторного эксперимента 2^{3-1} ;

y - выход продукта реакции в течение времени, %.

Математическая модель позволила определить оптимальные условия получения восстановленной металлической основы. Такая основа представляет собой лигатуру, содержащую в основном Ni (54 - 64%), а также Cr (11 - 15%), Mo (3 - 7%), W (2 - 4%) и в малых количествах Co, Ti, Fe. Данная лигатура может использоваться в качестве легирующей добавки к сталям и чугунам.

Авторами, в частности, было проведено полупромышленное испытание по применению полученной лигатуры при микролегировании серого чугуна [7].

В качестве базового чугуна выбран серый чугун с пластинчатым графитом. Данный выбор обусловлен тем, что отливки из серого чугуна с пластинчатым графитом составляют до 80% общего объема чугунного литья. Это один из наиболее распространенных литейных сплавов.

Но так как химический состав чугуна является факультативным и самостоятельно устанавливается заводом-изготовителем, то для исследования взят микролегированный чугун марки СЧ20.

В производственный ритм работы плавильно-заливочных участков литейных цехов технология микролегирования не вносит особых сложностей. Даже при использовании относительно тугоплавких металлов и сплавов, в качестве регуляторов структуры и свойств, процесс микролегирования сравнительно легко осуществляется непосредственно в ковше при практически неизменном составе исходного чугуна.

За счет введения небольших количеств (до 0,1%) некоторых элементов, в данном случае хром и никель, существенно изменяется структура и свойства чугуна.

Шихтовые материалы, применяемые при выплавке чугуна, подобраны таким образом, чтобы химический состав получаемого чугуна соответствовал рекомендуемому ГОСТом.

Правильный выбор шихтовых материалов, учитывающий такие факторы, как физико-химическое состояние, их качество, наличие аномальных первородных структур, элементов примесей и др., позволяет получить высококачественные марки чугуна.

В экспериментальной плавке микролегирование чугуна проводили с помощью полученной легирующей добавки. Это позволило произвести полную замену ферроникеля и частично - феррохрома.

Введение комплексной лигатуры привело к изменению формы графита: графит стал более тонкопластинчатым и более равномерно распределенным по металлической матрице. Длина пластин практически не изменилась. На металлическую матрицу введение комплексной присадки практически не сказалось.

После замены ферроникеля и частичной замены феррохрома на полученную лигатуру, при плавке чугуна марки СЧ20, был получен чугун со структурой подобной базовому чугуну с улучшенными механическими свойствами: предел прочности на растяжение и твердость увеличены на 12,5% на 5% соответственно.

Целесообразность утилизации указанных отходов и применение продуктов переработки в качестве легирующей добавки подтверждаются эколого-экономическими расчетами.

Переработка твердых отходов позволит исключить их складирование на территории предприятия и не производить возмещение ущерба за загрязнение земельных ресурсов.

Использование полученной комплексной присадки позволит снизить себестоимость чугуна на 8,2%.

Библиографические ссылки

1. Санитарно-химический анализ загрязняющих веществ в окружающую среду: Справочник / М.Т.Дмитриев, Н.И.Карнина, И.А.Пинигина – М.: Химия, 1983. – 338 с.
2. Вредные вещества в промышленности: Справочник для химиков, инженеров, врачей. Т. 3. Неорганические и элементарные соединения / Н.В.Лазарева и др. – Л.: Химия, 1974.– 608 с.
3. Экономное легирование стали/Ю.З.Бабаскин, С.Я.Шипицын, Е.Г.Афтандилянц – Киев: Наук. думка, 1987.–188 с.
4. Демин Д.А., Горбенко В.В., Винник И.А. Оптимизация процесса восстановления продуктов эрозии, полученных после электроэрозионной обработки никелевых сплавов// Процессы литья. – 2001.–№ 3– С.85.
5. Ростовцев С.Т. Теория металлургических процессов. –М.: Металлургиздат, 1956. – 516 с.
6. Елютин В.П. Взаимодействие окислов металлов с углеродом. –М.: Металлургия, 1976. – 359 с.
7. Демин Д.А., Горбенко В.В., Винник И.А. Возможности замены ферросплавов применяемых для легирования чугуна, комплексной присадкой на основе никеля// Процессы литья. – 2002.– № 1.– С. 24-28.

СОЦИАЛЬНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ МОТИВЫ АДАПТАЦИИ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ К СОВРЕМЕННОСТИ

Алимов В.И., Матвеев Г.П., Кондрацкий В.Л., Алимова С.В.,
Донецкий национальный технический университет, Донецк

Невостребованность современного специалиста с первично полученным образованием может поставить под сомнение целесообразность массового высшего образования. Альтернативными аргументами являются:

- первичную специальность можно адаптировать к текущей современности усовершенствованием знаний и переквалификацией;
- любое первичное образование – это способ занятости части общества;
- любое образование это повышение степени интеллекта индивидуума и общества;
- образование это гарант стабильности любой общности;
- образование это увеличение стартовых возможностей общности в будущее.

Это и оправдывает социально-психологические мотивы адаптации образования вообще, а более сжато – инженерного образования к современности, формируемой значительно большим количеством факторов. О том, что указанные побудительные мотивы движут переподготовкой, свидетельствуют данные о фактическом количестве слушателей института последипломного образования инженерно-педагогических работников АПНУ, представленные ректором института, заслуженным работником народного образования Украины, профессором Никулиной А.С. (рис. 1).

Из данных рис. 1 видно, что речь идет не о случайной группе специалистов, оказавшихся не у дел, а о массовом явлении их адаптации к современности, неизбежным процессом, обусловленным социально-психологическими причинами. Более того, стабилизационные процессы в душах и обществе способствуют интенсификации переподготовки, о чем свидетельствует явно позитивная тенденция нарастания количества слушателей, начиная с 1995-1996 годов, при этом меняется не только количественный и структурный состав слушателей, но и направления переподготовки. Так, увеличилось количество директоров, заместителей директоров, педагогов-организаторов, а среди направлений переподготовки на хозрасчетной основе основными являются «Психология. Практическая психология», «Социальная педагогика», «Охрана труда».

Каким же должен быть выпускник технического вуза с позитивной динамикой адаптации? С точки зрения психолога он, в принципе, может быть либо восходящим, либо нисходящим.

Вероятнее всего, руководство развитых стран очень хорошо представляет, что может совершить грамотный человек и что ему под силу. Речь идет, конечно, не об одном человеке, а о массовом специалисте. Ему нужно дать именно высшее образование. Так, по крайней мере, решили в стране восходящего солнца [1].

Несомненно, что в Японии произвели всестороннюю оценку и проверку принятых решений, прежде чем пошли на расширение сети учреждений образования, повышения их статуса соответствующего ассигнования.

Общеизвестен факт – в развитых странах мотивация для глубокого и серьезного образования вошла в гены. Никто и никого не заставляет повышать свой профессиональный уровень. Это понятная всем необходимость или неизбежность. Недостаточно грамотный специалист уступает место более подготовленному и никто этому помешать не может. Интересно отметить, что во всех развитых странах стала общепринятой концепция непрерывного образования в течение всей жизни, так как технологическая база изменяется несколько раз за время жизни одного поколения. К этому подталкивает объективная потребность и то обстоятельство, что в современном обществе происходит резкое (взрывообразное) увеличение потоков информации и повышение требований не только к системам информации, но и ко всем членам общества и, в первую очередь, к первичным носителям информации, включая преподавательский состав.

Под «высшим» везде в прогрессивном мире понимают одно и то же – серьезное образование, ну как бы, мягко говоря, без условных «троек». Приведем два примера.

В период второй мировой войны наша наука не уберегла 20 млн. человек; побежденные потеряли – 6 млн. Когда наши солдаты закрывали телами амбразуры дотов, немцы бомбили Англию

«интеллектом» - Фау-1 и Фау-2, а американцы создавали новое вооружение. Пример можно считать не очень удачным, но давайте же посмотрим альбомы техники об оружии Победы !?

Чтобы не создавалось впечатление подбора амбивалентных факторов, рассмотрим пример: в 70-е годы в мире разразился энергетический кризис – страны-экспортеры первичных энергоносителей, как по подсказке, рывком подняли цены на энергоносители, в первую очередь на нефть. Для СССР это было необыкновенным подарком. Не имеющие своей нефти или бережливые (США) всполошились. Но шок, однако, был недолгим, потому что начали думать, принимать и выполнять национальные программы: в итоге не только остановили рост цен на нефть, но и в результате большой и продуманной инженерной работы, исследований ученых и менталитета своих людей внедрили такие энергосберегающие технологии, которые обеспечили рост производства при снижении энергопотребления. Новые технологии обеспечили и повсеместное сокращение расхода энергоносителей на единицу товарной продукции – этот факт достоверный.

Должно быть очень глубокое понимание, что учить технических специалистов нужно иначе. В гены войдет то, за что заплачено в широком смысле этого слова.[2, 3]

Нужны гибкие, социальной значимости, цены на все, что есть и этому тоже надо учить. Сейчас модно быть экономистом, и престижно, но в этом престиже есть одно важнейшее условие – чтобы продавать, надо производить, а поэтому экономист должен быть, прежде всего, хорошим, а не «троечным технарем»: таковы азы на социально-психологическом уровне понимания.

Лавинное обучение гуманитарным наукам – сразу и много, пусть даже по требованиям Миро-

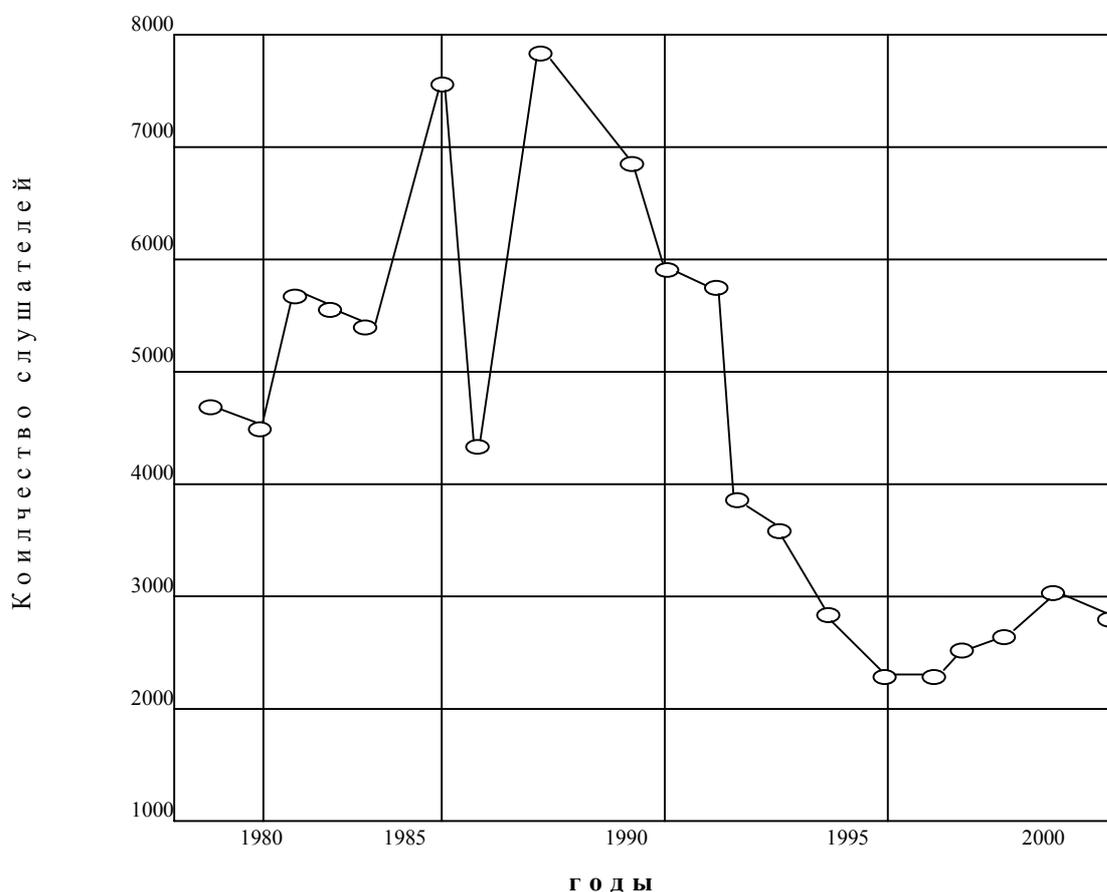


Рис. 1. Количество слушателей ДИПО ИПР за период 20 лет

вого Банка, вероятнее всего, преждевременно: к этому разумнее идти через переподготовку.

На примере любого технического вуза отчетливо видно, что колоссальный технический резерв не используется в полной мере при обучении студентов[4].

Кажется тривиальным, но факт, что специалист должен быть в первую очередь обучен умению грамотно писать на родном языке, знать физико-технические эффекты, уметь свободно пользоваться математическим аппаратом для решения широкого круга инженерных задач. Отличный специалист обязан знать хотя бы один иностранный язык. Гуманитарным циклом наук он должен быть обучен, прежде всего, преклонению перед Законом.

Его следует обучить исполнительной дисциплине и систематической, а не штурмовой работе.

Сертификат на студента, а затем специалиста, должен быть очень правдивым и этот не усредненный студент должен обладать вполне определенными знаниями и умениями, конкретными и глубокими; знания и умения должны стать желанными, гордостью и надеждой.

Всему научить нельзя – это утверждение давно известно философам. Около 2000 лет назад Публий Сир утверждал, что «Лучше совсем не знать чего-либо, чем знать плохо». Образно говоря, у него и надо спрашивать, как составлять учебные планы и программы.

Не всем должно и доверять обучение в вузе, а только тем, кто умеет «заряжать», воодушевлять и прекрасно знает свое дело.

Мир вступил в эпоху новых совершенных технологий, науко-, а не энергоемких. Уже давно нельзя продавать на внешнем рынке первичное сырье и энергоносители. Надо продавать идеи, технологии и в крайнем случае совершенные изделия. И еще есть очень большой вопрос. Как используются в Украине научные, и в том числе, педагогические кадры наивысшей категории? Ответ прост – недопустимо! Их, эти кадры, надо лелеять и беречь, но не навязывать им работу не по уму, не по сердцу, не по возрасту, знаниям и умению. Это сокровище, к сожалению, явно не оцениваемое чиновниками. Выигрыш от правильного и бережливого использования высших научных кадров будет несообразно большим, чем то, что мы имеем сегодня.

Необходимо смело и решительно отбросить все, что мешает коренной реконструкции системы образования и науки в Украине в целом.

Для оптимизма успеха реконструкции еще есть условия, так как еще имеются физические лица – профессионалы высочайшего качества – доктора и кандидаты наук, которым под силу задачи любого уровня сложности. Известно ведь, что в мире нет более совершенной (энергоёмкой) системы подготовки докторов и кандидатов наук. Для решения проблемы необходимо найти объективные оценки отбора кадров, способных и готовых сделать это «чудо». Если развитые страны оценивают систему совершенствования образования как очень важную, то для Украины – это одна из самых главных задач.

Основы знаний влиянию времени не подвластны. Адаптация в том и заключается, что, усвоив их, специалист должен адекватно меняться синхронно совокупным условиям современности – теперь это уже аксиома.

Успех процесса адаптации специалиста к современности зависит от ее параметров и усилий, направленных на адаптируемого.

Структурный состав адаптирующихся специалистов неоднороден как по уровню своей первичной подготовки и практической деятельности, так и по движущим мотивам.

Социальные условия и их непредсказуемые изменения являются наиболее мощным побудителем, подталкивающим к принятию решения о переподготовке. При этом крайним выражением ее является приобретение, по сути, новой специальности, часто совершенно не связанной с первичной и имеющей с ней в качестве общего знаменателя лишь общеобразовательные фундаментальные основы знаний: это наиболее уязвляющий стимул, часто заставляющий менять устоявшийся уклад деятельности и жизни. Более безболезненным является вариант, когда приобретаемая вновь специальность опосредованно связана с первичной и является как бы базовой для процесса переподготовки.

Более «мягкая» мотивировка переподготовки с целью адаптации специалиста к современности носит психологический характер.

Базовая специальность требует постоянного обновления и дополнения. В связи с этим переподготовка производится как дополнение к уже имеющимся знаниям и умениям: это прежде всего, компьютерная и языковая переподготовка, да и сама психологическая подготовка, все более занимающая в обществе свое достойное место. Освоение новых методик и работы на новом оборудовании – это также естественный процесс, побуждаемый субъективно и жизнью. Более масштабная подготовка по полученной ранее специальности составляет основу конкретного прагматизма, движущего адаптацией к нестандартно меняющимся условиям. Переподготовка может производиться и в более узком направлении путем выполнения специализированной квалификационной работы.

Наиболее несовершенной с точки зрения адаптации к современности и результативности является силовая переподготовка, к сожалению, еще имеющая место в проявлениях бюрократической составляющей действующей системы образования.

Осмысление мотивации адаптации инженерного образования к современности поможет разделять переподготавливаемых на классификационные группы [5], требующие своего подхода, плавно меняющегося в смежных группах и существенно – в крайних.

Библиографические ссылки

1. В.П. Рыжкин Неистощимый ресурс / Энергия: экономика, техника, экология. –М.: Наука, 2001.– №11.–С.45-47.
2. Сайман Б. Общество и образование: Пер. с англ./Общ. ред. и предисл. В.Я. Пилиповского. –М.: Прогресс, 1989. –200 с.
3. Тарасевич В.Г., Кондрацкий В.Л., Алімова С.В. Деякі проблеми системи освіти в технічних навчальних закладах України //Наукові праці Донецького державного технічного університету. Випуск 35. Серія гірничо-електромеханічна. –Донецьк: ДонНТУ, 2001. –С.181-186.
4. Меерович М.И., Шрагина Л.И. Технология творческого мышления. –Мн.:Харвест, М.:АСТ, 2000. –432 с.
5. Психолого-социальные аспекты переподготовки кадров с высшим образованием /В.И. Алимов, Н.Т. Егоров, В.Л. Кондрацкий, С.В. Алимova //Зб. матеріалів н.-практ. конф. “Вища освіта і система праці”, 14.02.2002 р. – Дніпропетровськ: НГА України, 2002. –С.121-122.

УДК 622.271.63

ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО РЕЖИМА РАБОТЫ ГРУНТОЗАБОРНЫХ УСТРОЙСТВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Запара Е.С., Бондаренко А.А.,
 Национальный горный университет, Днепропетровск

Разработка комплексов по добыче полезных ископаемых из подводных месторождений относится к одному из главных направлений Национальной программы исследований и использования ресурсов акватории Азово-Черноморского бассейна и других районов Мирового океана.

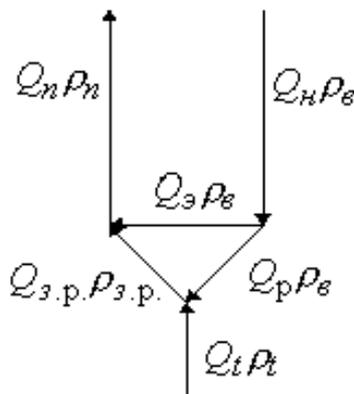


Рис. 1. Схема взаимодействия потоков воды и пульпы при поддонной выемке грунта

С целью рационализации работы грунтозаборного устройства для экологически щадящей добычи песков [1] выполнен комплекс теоретических и экспериментальных исследований в результате которых установлена зависимость производительности выемки грунта из поддонного забоя от баланса массовых расходов в зоне размыва [2]. В результате проведенных лабораторных исследований установлено, что эффективность выемки грунта зависит от коэффициента баланса массовых расходов в зоне размыва, представляющего собой отношение массы воды и грунта, поступающих в зону размыва, к массе пульпы, отсасываемой из нее (рис.1):

$$\epsilon = \frac{Q_p \rho_v + Q_t \rho_{z.p.}}{Q_n \rho_n - Q_z \rho_v}$$

где Q_p – расход воды на размыв, $м^3/с$; ρ_v – плотность воды, $кг/м^3$; Q_t – расход грунта, поступающего в зону размыва и отсасываемого из нее, $м^3/с$; $\rho_{z.p.}$ – плотность разрыхленного грунта, поступающего в зону размыва из целика, $кг/м^3$; Q_n – расход

пульпы на выходе из рабочего органа, m^3/c ; ρ_n – плотность пульпы на выходе, $кг/м^3$; $Q_э$ – расход воды на эжекцию, $м^3/с$.

Коэффициент баланса массовых расходов можно считать критерием максимальной эффективности функционирования грунтозаборных устройств при их эксплуатации в условиях добычи грунтов из поддонного забоя.

С целью определения численного значения коэффициента баланса массовых расходов проведены экспериментальные исследования.

В результате статистической обработки экспериментальных данных, получена эмпирическая зависимость средней объемной концентрации пульпы от коэффициента баланса массовых расходов в зоне размыва, которая приведена на рисунке 2. Из графика видно, что максимальная концентрация твердого в пульпе зафиксирована при значении коэффициента баланса $\epsilon = 1,37$. Доверительный интервал для математических ожиданий опытных значений коэффициента баланса массовых расходов, при доверительной вероятности 0,9 составляет $\pm 7\%$.

Выбор эксплуатационного режима работы грунтозаборных устройств определяется достижением максимальной эффективности функционирования добычного комплекса. В данном случае наибольшая эффективность работы будет достигаться при максимально возможной концентрации пульпы, всасываемой рабочим органом. Напрашивается вывод, что режим работы должен выбираться таким, при котором коэффициент баланса был бы близок к диапазону его значений 1,22...1,44 (90 процентный доверительный интервал для математического ожидания коэффициента баланса). Однако выбирать режим работы грунтозаборного устройства в точке максимальной концентрации пульпы рискованно, так как уменьшение концентрации пульпы при снижении коэффициента баланса массовых расходов ниже критической величины вызвано недостатком воды в зоне размыва, и, как следствие, низкой эффективностью всасывания чрезмерно концентрированной пульпы. Это приводит к снижению ее доли в потоке среды, выводимой на поверхность водоема. При этом необходимо отметить, что такой режим работы грунтозаборного устройства неустойчив и в большинстве случаев всасывание пульпы постепенно прекращается, сосун заштыбовывается и на поверхность выдается только вода струйного насоса.

Как свидетельствуют экспериментальные исследования и опытная добыча песка на Самарском месторождении строительного песка [1] оптимальное, по концентрации пульпы, значение коэффициента баланса массовых расходов колеблется вокруг среднего значения в зависимости от пористости грунта и присущих ему водонасыщенности и фильтрационной способности, которая также меняется в зависимости от вида и количества примесей.

Таким образом, эксплуатационный режим грунтозаборного устройства необходимо назначать с несколько большим оптимального значением коэффициента баланса массовых расходов в зоне размыва. Его значение определено с использованием представительных статистических данных о рассеивании оптимальных, по критерию максимальной концентрации пульпы, значений коэффициента баланса, полученных в различных сериях экспериментов, при разных заглублениях рабочего органа в грунт и пр. Для расчета принято 40 значений, величина коэффициента баланса колебалась от 0,89 до 1,72. Выдвинута гипотеза о нормальном законе распределения рационального значения коэффициента баланса, методом момента определены его параметры: математическое ожидание $m_E=1,33$, среднеквадратическое отклонение $S_E=0,185$. Гипотеза, проверенная по критерию Пирсона, дала хорошую сходимость опытных и теоретических данных, определен доверительный интервал для математического ожидания. Рекомендуемое для эксплуатации грунтозаборных устройств значение коэффициента баланса, определенного из условия 90% вероятности того, что рациональное значение коэффициента баланса, свойственное подлежащему добыче россыпному месторождению с крупностью частиц 0,1...1,5 мм, окажется меньше того, на которое будет настроен рабочий режим. Искомое значение коэффициента баланса составило 1,56. Таким образом рациональной областью эксплуатации грунтозаборного устройства данного типа можно считать зону с коэффициентом баланса массовых расходов $\epsilon \geq 1,56$ (рис. 2).

С целью рационализации параметров грунтозаборного устройства получена зависимость для определения потребного расхода размывающей воды в зону размыва.

Расход воды, направляемой на размыв грунта, который обеспечит заданное значение коэффициента баланса массовых расходов для любого наперед заданного грунтозаборного устройства, можно определить из зависимости

$$Q_p = \varepsilon \left(Q_n \frac{\rho_n}{\rho_v} - Q_{\varepsilon} \right) - Q_t \frac{\rho_{з.р.}}{\rho_v}.$$

Для расчета системы размыва и струйного насоса грунтозаборного устройства и гидросистемы добычной установки в целом введен коэффициент расхода, представляющий собой отношение расходов размывающего и эжекционного потоков в рабочем органе

$$\delta = \frac{Q_p}{Q_{\varepsilon}}.$$

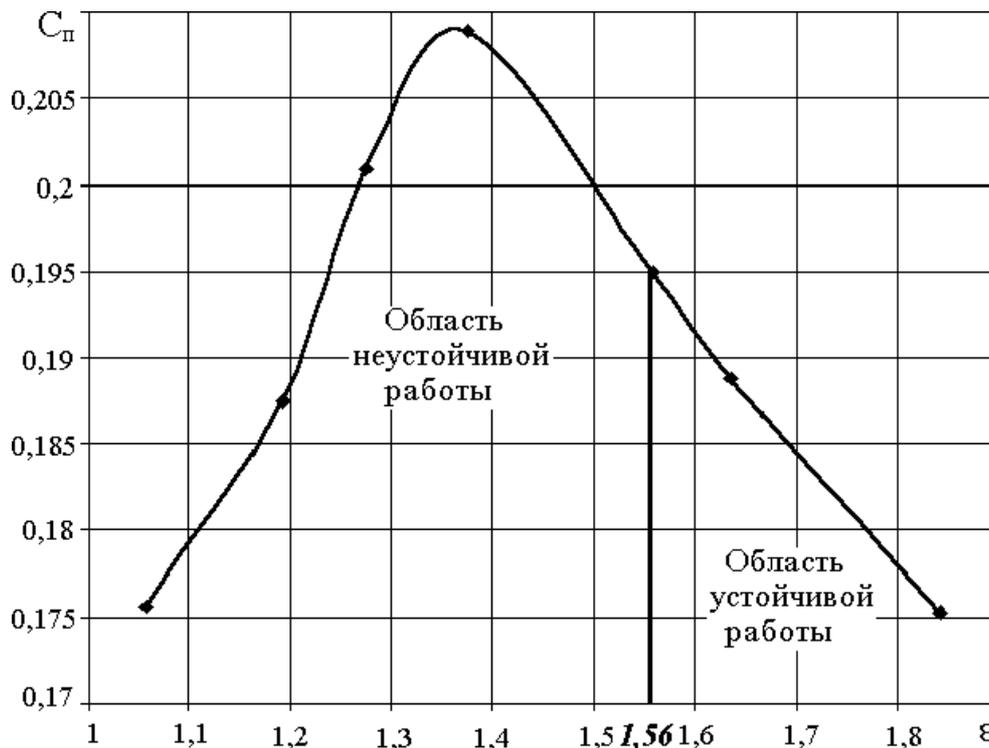


Рис. 2. Зависимость объемной концентрации твердого в пульпе от коэффициента баланса массовых расходов в зоне размыва

Он зависит от физико-механических свойств грунта, и для условий Самарского месторождения строительного песка (г. Днепропетровск) [1] его вероятное значение составляет 0,4...0,7.

Выводы:

Критерием максимальной эффективности выемки грунта из поддонного забоя является коэффициент баланса массовых расходов, характеризуемый отношением массы воды и грунта поступающих в зону размыва к массе пульпы, отсасываемой из нее.

Максимальной эффективности применения грунтозаборных устройств, эксплуатируемых в условиях добычи грунтов из поддонного забоя, можно достигнуть при значении коэффициента баланса массовых расходов $\varepsilon \geq 1,56$.

Библиографические ссылки

1. Дослідні випробування технологічного обладнання для підводного видобутку піску з забезпеченням замкненого водопостачання робочого органу на річковому родовищі: Звіт про НДР (заключний)/ НДПШоканмаш.- № ГР0198U003691; Інв № К1098.- Дніпропетровськ, 1998.-95 с.

2. Бондаренко А.А. Исследование процесса выемки водонасыщенного грунта из поддонного забоя// Науковий вісник НГА України.–2001.–№3.–С.29-31.

УДК 621.926.54

РЕЗУЛЬТАТЫ ВНЕДРЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ЯЧЕЙКОВОЙ ФУТЕРОВКИ ДЛЯ ШАРОВЫХ БАРАБАННЫХ МЕЛЬНИЦ

Маляров П.В., АО «Ресурс», Ставрополь

Вопросы рационального проектирования броневых плит шаровых мельниц являются актуальными не только с точки зрения повышения их износостойкости и снижения металлоёмкости.

От характера взаимодействия шаровой загрузки с футеровкой в значительной степени зависит распределение потребляемой мельницей энергии. Под интенсификацией процессов измельчения понимают снижение удельных энергетических затрат на образование единицы новой поверхности.

Для оценки эффективности интенсификации процессов измельчения наиболее приемлемым является энергетическая эффективность измельчения.

e_d по вновь образованному расчётному классу крупности – d , которая характеризует энергоёмкость процесса измельчения.

$$e_d = Q(\beta_d - \alpha_d)/N = q_d \cdot V/N = q_d/N_v,$$

где e_d – в т(кВт·ч) q_d - удельная производительность мельниц или установки по вновь образованному классу крупности - d , т/(м³ · ч); d – размер расчётного класса крупности, мм (мкм); N_v – удельная мощность потребляемая двигателем мельницы; кВт/м³.

Очевидно, что при $N = \text{const}$ энергетическая эффективность измельчения прямо пропорциональна удельной производительности измельчительной установки по вновь образованному классу той же крупности, т.е. $e_d = q_d$.

Нами были проведены всесторонние исследования режимов работы шаровых мельниц и определены основные кинематические параметры взаимодействия шаровой загрузки с футеровкой [1]. На основании уточнённой модели распределения шаровой загрузки в мельнице разработана методика построения профилей износостойких футеровок. При этом были приняты следующие допущения: шары внешнего слоя шаровой загрузки не должны иметь проскальзывания в первоначальном контакте по поверхностям футеровочных плит со значительными силовыми взаимодействиями. Таким условиям отвечает футеровка, у которой тыльные, нерабочие поверхности броневых

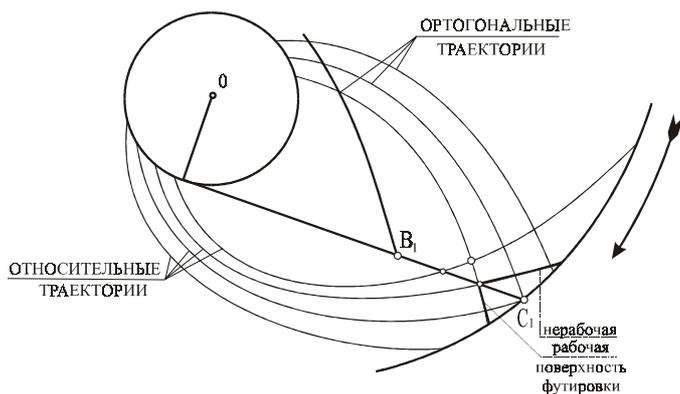


Рис.1. Взаимодействие внешнего слоя шаровой загрузки с футеровкой

плит в точности копируют траектории относительного движения шаров движущихся по внешнему контуру пяты, вплоть до удара по рабочим поверхностям. Рабочие поверхности броневых плит должны быть способны остановить шаровую загрузку сразу после контакта, т.е. иметь профиль, нормаль в каждой точке которого совпадала бы с касательной к траектории шара (рис. 1).

В таком случае отсутствуют проекции скорости шара на поверхность футеровки, что обеспечивает удар шара без проскальзывания. По такому принципу была спроектирована, изготовлена и успешно эксплуатировалась футеровка для

мельниц МШР 3200 x 3100 Урупского горно-обогатительного комбината. Длительная эксплуатация вышеуказанной футеровки в условиях Урупского ГОКа показала что: срок службы экспериментальной сплошной футеровки в 2 раза превышает срок службы волновой футеровки. При этом экономия металла в год составила примерно 26 т (масса комплекта футеровки) на 1 комплект футеровки. Кроме этого, отмечено повышение производительности мельницы по готовому классу на 5-7%. Анализ состояния футеровки в процессе эксплуатации показал, что в начальный период рабочие поверхности упрочняются за счёт наклёпа при прямом ударе. Однако со временем наступает

явление "перенаклёпа" при котором имеет место отслоение металла и дальнейшее повышение интенсивности изнашивания.

Анализ работоспособности экспериментальных футеровок показал, что эффект самофутерования возможно применять и для футеровки с экспериментальным профилем. Порядок построения самофутерующейся ячейковой футеровки с экспериментальным профилем представлен в работе [2].

Эксплуатация самофутерующейся ячейковой футеровки в условиях Норильского ГМК выявила её следующие преимущества по сравнению со ступенчатой:

- 1) масса футеровки меньше массы ступенчатой футеровки в 1,5 раза;
- 2) первоначальный рабочий объём у мельницы с экспериментальной футеровки увеличился на 2,5 м³.
- 3) экономия металла на одну мельницу в год составила 9,5 т при измельчении нормально вкрапленных руд.

На основании промышленных испытаний ячейковой футеровки на мельницах МШР 3200x3800 в условиях Норильского ГМК была спроектирована конструкция ячейковой футеровки для мельниц МШР 3600x5000 Алмалыкского ГМК.

Ячейковая футеровка была изготовлена на литейном производстве ремонтно-механического завода АГМК. Базовая футеровка поставлялась на АГМК специализированными предприятиями. Промышленные испытания и внедрение ячейковой футеровки в условиях медной обогатительной фабрики показали, что экономия металла на одну мельницу составляет 24 т в год.

Промышленная эксплуатация ячейковой футеровки на мельницах 1 стадии измельчения показала, что в тех ячейках, которые образуются совместно с затылочными ячейками предыдущей броневой плиты, при совпадении или близком расположении поперечных рёбер,

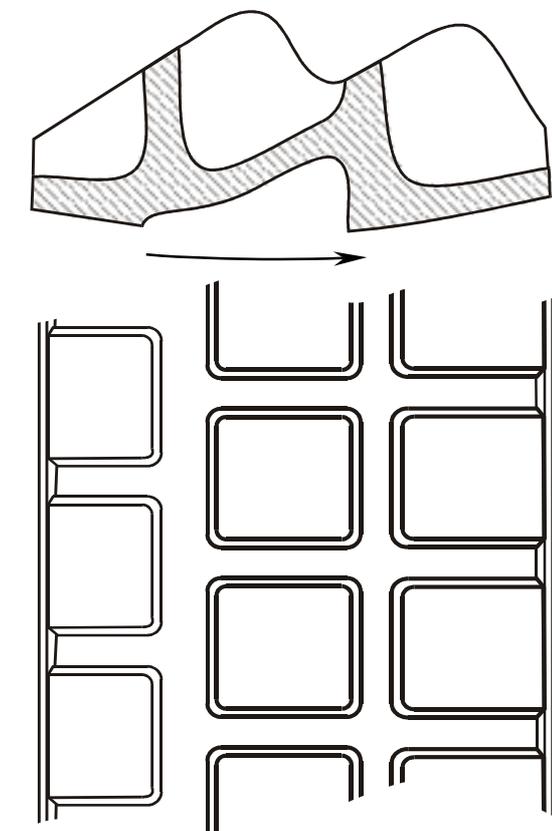


Рис.2. Модернизированная ячейковая футеровка

заклинивают по два шара. Заклиненные таким образом шары образуют площадки с нарушением теоретического профиля. В этих зонах имеет место повышенный износ. При доводке конструкции рекомендуется поперечные рёбра затылочных ячеек размещать близко или по оси, проходящей через первую рабочую ячейку последующей броневой плиты. Конструкция модернизированной ячейковой футеровки [3] представлена на рис.2 .

Новая резиновая футеровка с использованием эффекта самофутерования, разработанная нами [4] испытана на мельнице МШЦ 2700 x 3600 2 стадии измельчения. Существенные отличия её заключались в том, что она состояла из однотипных элементов, профиль которых был разработан по вышеуказанной методике, и при этом был использован принцип самофутерования. Результаты испытаний показали, что срок её службы в 1,8 раза выше футеровки типа «лифтер – плита». Отмечено также повышение производительности мельницы.

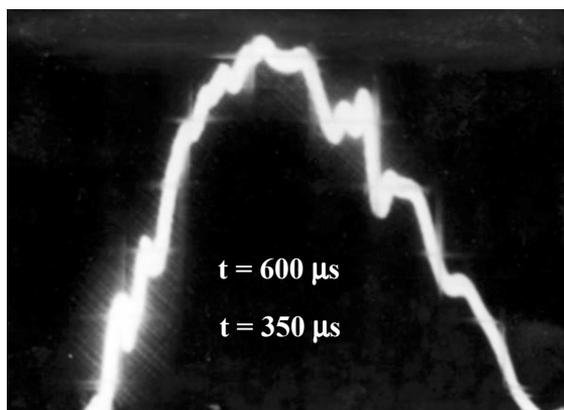
Промышленные испытания резиновой футеровки с использованием эффекта самофутерования на мельнице первой стадии измельчения МШР 3200x3100 привели к отрицательным результатам. Срок службы резиновой футеровки составил 3000 ч по сравнению с 8000 ч для металлической футеровки.

Вместе с тем результаты испытаний самофутерующейся экспериментальной резиновой футеровки на мельницах первой и второй стадий измельчения позволяют заключить, что для резины как конструкционного материала футеровки мельниц существует некий энергетический предел.

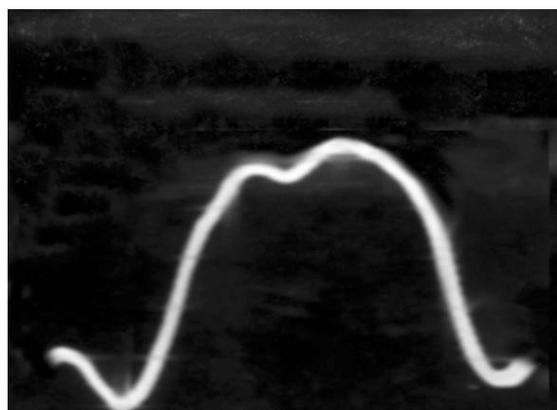
Особый интерес при создании футеровок перспективных конструкций представляет использование эффекта конструкционного демпфирования. Для исследования энергетических характери-

стик соударения с таким эффектом были выполнены экспериментальные исследования на лабораторной установке типа «маятниковый копёр». Исследования проводились с использованием трёх типов образцов: металлическая плита, резиновая плита, резино-металлическая плита. На рис.3 (а,б, в) представлены кривые зависимости импульса силы от времени соударения.

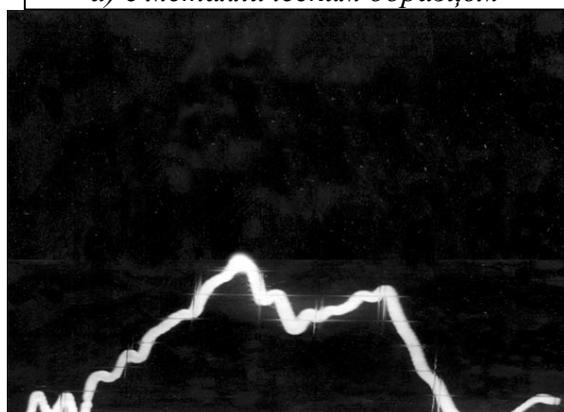
Анализ кривых, выполненных в разных масштабах показал что наибольшего значения импульс



а) с металлическим образцом



б) с резино-металлическим образцом



в) с резиновым образцом

Рис.3. Зависимость импульса силы от времени соударения индентора с образцом

силы достигает при ударе по металлическому образцу – время удара составляет 350 μs (Рис.3а).

При ударе по резино-металлическому образцу значит уменьшается импульс силы и увеличивается время соударения до 600 μs. При ударе по резиновому образцу импульс силы уменьшается на порядок по сравнению с металлическим образцом, а время соударения составляет 4000 μs.

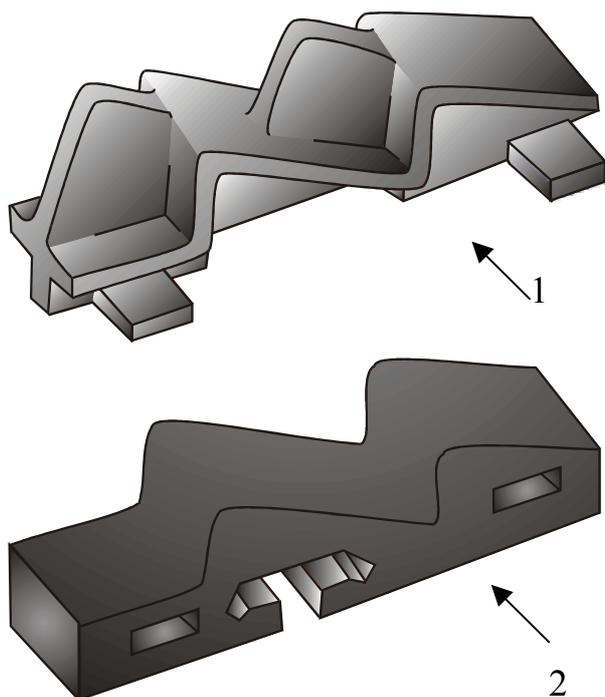


Рис.4. Элементы комбинированной самофутерующейся бронеовой плиты

Использование эффекта конструкционного демпфирования для футеровок с экспериментальным профилем представлено в конструкции комбинированной самофутерующейся бронеовой плиты на эластичной подложке, основные элементы которой представлены на рис.4.

Комбинированная футеровка состоит из плит, которые в продольном сечении составлены из металлических элементов 1, чередующихся с эластичными элементами ступенчатого профиля 2. Металлические элементы своей внутренней поверхностью повторяют профиль эластичных элементов, таким образом, полностью защищая их от непосредственного контакта с шаровой нагрузкой. Соединение металлических элементов с эластичными осуществляется посредством продольных выступов, установленных на нижнем ребре, в продольных пазах эла-

стичных элементов. Соединение металлических элементов с эластичными осуществляется посредством продольных выступов, установленных на нижнем ребре, в продольных пазах эла-

стичных элементов. Крепление комбинированных футеровочных плит к барабану мельницы осуществляется прижимными планками, аналогично креплению лифтеров резиновых футеровок фирмы “СКЕГА”. Верхние рёбра металлических элементов формируют на рабочей поверхности футеровки ячейки, в которых заклинивают шары. Таким образом, реализуется эффект самофутерования. Рекомендуется ширину эластичных элементов принимать равной $0,8-0,95$ диаметра наибольшего шара. Толщина рёбер металлических элементов для разных типоразмеров мельниц может колебаться в пределах от 15 до 40 мм и обусловлена необходимой прочностью и жёсткостью рёбер. В представленной конструкции металлические элементы футеровки не имеют непосредственного контакта с барабаном мельницы и с другими металлическими элементами. Это обеспечивает им придание амортизационных свойств в пределах подвижности эластичных элементов и динамических характеристик системы: металлический элемент - эластичный элемент. Особый интерес представляет взаимодействие шаровой загрузки с комбинированной футеровкой. В первом приближении результаты испытаний на лабораторной установке типа “маятниковый копёр” можно экстраполировать на условия взаимодействия шаровой загрузки с комбинированной футеровкой. Исследования, выполненные на лабораторной установке, позволили определить приемлемые соотношения размеров и масс металлических и резиновых элементов.

При запуске мельницы внутренняя поверхность барабана, представленная металлическими элементами, контактирует с шаровой загрузкой, после чего в ячейках заклинивают шары.

Далее контакт шаровой загрузки с футеровкой происходит аналогично контакту с металлической самофутерующейся ячейковой футеровкой. Кроме этого, комбинированная футеровка лишена такого недостатка, как наличие на тыльной стороне броневой плиты “затылочных ячеек”, в которых заклинивают шары, искажая расчетный профиль.

Предлагаемая конструкция футеровки может быть использована на мельницах первой стадии измельчения. При этом эффект использования конструкционного демпфирования позволит снизить ударные нагрузки до значений, когда абразивный износ поверхности металлических элементов уступит усталостному.

Анализ опыта эксплуатации показал, что повышение эффективности футеровочных элементов барабанов шаровых мельниц, включая их влияние на процесс измельчения, формируется по следующим направлениям:

- поиск новых и рациональное использование известных конструкционных материалов соответствующих конкретным условиям эксплуатации;
- разработка методики подбора оптимальной системы геометрических параметров броневых плит, на основании глубокого научного анализа кинематики движения шаровой загрузки
- использование методов конструкционного демпфирования на основании всестороннего изучения влияния амортизационных свойств футеровки на величину ударных импульсов.

В качестве результатов исследований, приведенных в настоящей работе можно выделить следующие:

1. Анализ результатов промышленной эксплуатации показал, что резиновая футеровка специальной конструкции может применяться на мельницах диаметром не более 3,2 м с диаметром шаров не более 80 мм.
2. Значительным резервом в повышении срока службы футеровок является эффект конструкционного демпфирования.
3. Проведены экспериментальные исследования по определению импульса силы и времени удара по резино-металлической футеровке в сравнении с металлической и резиновой конструкциями. Установлено, что использование эффекта конструкционного демпфирования позволяет снизить импульс силы за счёт увеличения времени удара и обеспечить разрушение измельчаемого материала при одноактном воздействии.

Библиографические ссылки

1. Пенкин Н.С., Маляров П.В., Тарасенко А.А. и др. Повышение износостойкости горнообогатительного оборудования. – М., Недра, 1992. – 265 с.
2. Маляров П.В., Данилов Л.И., Майстренко А.Г. Разработка и промышленные испытания футеровки барабана шаровых мельниц // Горный журн. – 1982. – N 9. – 50-52 с.
3. Маляров П.В. и др. Футеровочная плита. – А.С. N 1205375 (СССР). – 3689931/29-33.

4. Маляров П.В., Маслаков А.Г. Эластичная футеровка барабанов шаровых мельниц. – А.С. N 1165463 (СССР). – 3692943/29-33 бюлл. N 25 07.07. 1995.

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ НЕЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АДСОРБЦИОННОЙ ОСУШКИ ДЛЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ПРОМЫШЛЕННОГО ТРАНСПОРТА

Риполь-Сарагоси Т.Л.,

Ростовский государственный университет путей сообщения, Ростов

Биосфера Земли, которая сегодня не в состоянии справиться с вредными отходами нашей цивилизации и варварским потреблением всех видов ресурсов, начинает постепенно деградировать. Если не пойти по пути экологизации мышления, технологий, рациональному использованию всех видов ресурсов, мы окажемся в ситуации, когда уже ничто не сможет предотвратить глобальную экологическую катастрофу.

Именно такой подход, основанный на принципах материало-ресурсосбережения и экологичности был выбран автором в качестве определяющего при обосновании нецелесообразности использования адсорбционной осушки сжатого воздуха на подвижном составе промышленного транспорта [1].

Общеизвестно, что из всех когда-либо предлагаемых к применению технологий осушки сжатого воздуха, на уровне промышленного образца, была испытана только адсорбционная осушка, которая по ряду причин не дошла до промышленного внедрения.

Вся совокупность химических предприятий, производящих соответствующую продукцию, делится по категориям на «безотходное» производство, «малоотходное» и «рядовое» [2].

Оценка материалоемкости предприятий, производящих силикагель, производилась путем определения численной величины коэффициента безотходности «К» и последующего определения с помощью графиков категории производства.

Производительность по силикагелю предполагаемого предприятия определяется исходя из потребностей в нем для целей осушки сжатого воздуха на подвижном составе России.

Ежегодная потребность железных дорог России в силикагеле для одно- и двухсекционных локомотивов составит 1000000 т.

Таким образом, будем исходить из предположения, что воображаемое химическое предприятие производит силикагель в объеме 1000000 т/год. На самом деле потребность в силикагеле соответствующих предприятий железных дорог будет значительно больше, поскольку осушаемый сжатый воздух, подаваемый в адсорбционные установки под давлением 9,5 ата, непременно будет разрушать гранулу силикагеля, что существенно снизит его влагопоглощающую способность.

Технологический процесс производства силикагеля любых модификаций состоит из пяти основных циклов:

- приготовление рабочих растворов;
- получение золя кремнекислоты и его грануляция;
- промывка гранул силикагеля;
- сушка гранул;
- рассев и упаковка.

На основании данных регламента автором составлена схема основного химико-технологического производства и дополнительных производств, связанных с выпуском силикагеля, которое представлено на рис.1, и составлена таблица 1 где представлены количественные характеристики потоков, участвующих в производстве 1 т. силикагеля.

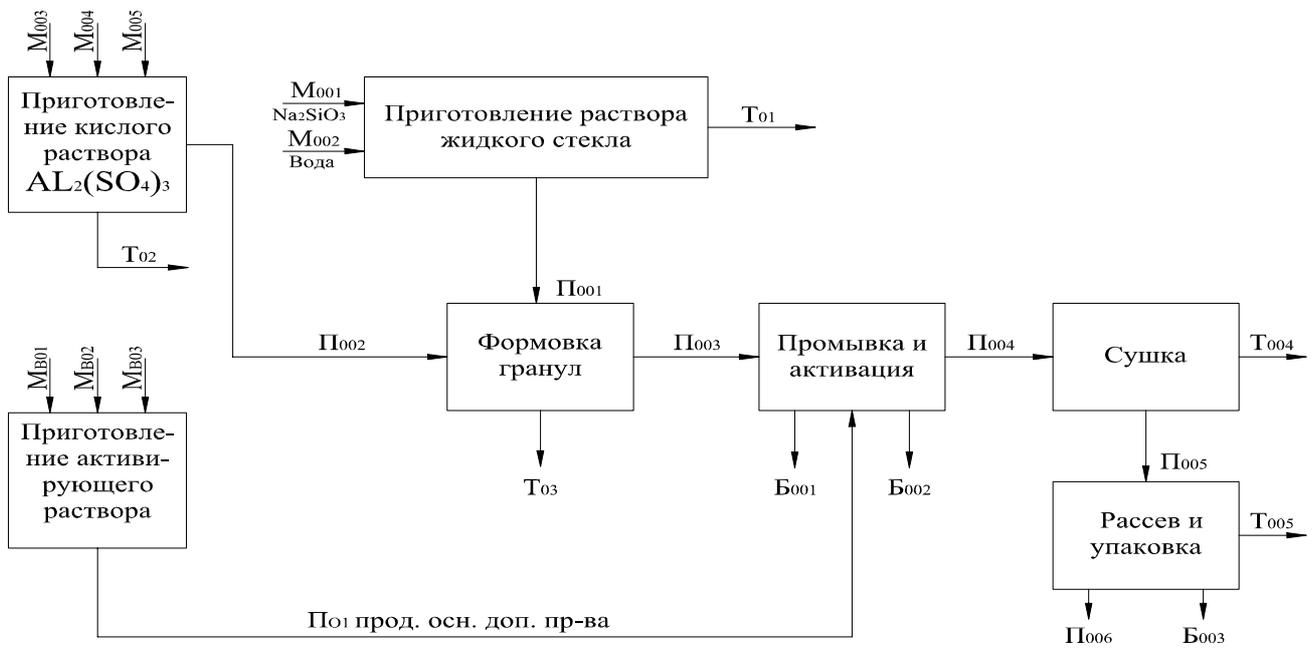


Рис.1. Схема основного химико-технологического производства и дополнительных производств где M_{00} – материал основного производства; M_{01}, M_{02} и т.д. – материал основной дополнительных производств; M_{B01}, M_{B02} и т.д. – материал вспомогательный дополнительного производства; P_{01} – продукция основная дополнительного производства; T_0 – потери основного производства; B_0 – неиспользуемые отходы основного производства; P_{00} – продукт основного производства.

Общее уравнение материального баланса группы взаимосвязанных производств, изображенных на рис.1 имеет вид:

$$M_{001} + M_{002} + M_{003} + M_{004} + M_{005} + M_{B01} + M_{B02} + M_{B03} = P_{00} + T_{01} + T_{02} + T_{04} + T_{05} + B_{01} + B_{02} + B_{03} \quad (1)$$

Если $M_{B01} + M_{B02} + M_{B03} = \sum M_{Д}$ (2)

$$M_{001} + M_{002} + M_{003} + M_{004} + M_{005} = P_{00} \quad (3)$$

$$T_{01} + T_{02} + T_{03} + T_{04} + T_{05} = \sum T, \quad \text{а} \quad (4)$$

$$B_{01} + B_{02} + B_{03} = \sum B, \quad \text{то} \quad (5)$$

Уравнение (1) переписывается в виде: $M_{00} + \sum M_{Д} = P_{00} + \sum T + \sum B$ (6)

$$K_M^{\Phi} = 1 - \frac{\sum B + \sum T}{M_{00} + \sum M_{Д}} \quad (7)$$

Таблица 1 – Составляющие материального баланса для производства 1 т силикагеля

Раздел	№ позиции	Символ составляющей материального баланса	Конкретные элементы материального баланса	
			Наименование элемента	Количество кг на 1 т силикагеля
1	2	3	4	5
I	1.1	M_{001}	Жидкое стекло	1420
	1.2	M_{002}	Вода на разбавление	5341,6
	1.3	M_{003}	Серная кислота	829,4

1	2	3	4	5
	1.4	M ₀₀₄	Гидроксид Al	88
	1.5	M ₀₀₅	Вода на разбавление	4856
	Итого M ₀₀			12535
II	2.1	M _{B01}	Серная кислота	170,6
	2.2	M _{B02}	Гидроксид алюминия	51,6
	2.3	M _{B03}	Вода на разбавление	26246
	ΣM _{B0}			26468,2
III	3.1	T ₀₁	Осадок жидкого стекла	253,33
	3.2	T ₀₂	Прочие потери	2,86
	3.3	T ₀₃	Потери при формовке	252,5
	3.4	T ₀₄	Потери при сушки	13112,78
	3.5	T ₀₅	Потери при рассеве и упаковке	
	ΣT ₀			13688,69
IV	4.1	B ₀₁	Отработанный активированный раствор	0,34
	4.2	B ₀₂	Вода в канализацию	602
	4.3	B ₀₃	Прочие отходы ШСМГ	479,2
	ΣB ₀			1081,54

Ориентируя точку **М** с координатой (G-1000 тыс.т., $K_M^\Phi = 0,6213$) на графике (рис.2) определяем категорию данного производства по полноте использования материальных ресурсов.

Величина коэффициента использования материалов при производстве силикагеля говорит о том, что около 40% материалов при производстве 1 т. силикагеля идут в твердые неперерабатываемые отходы.

Положение точки **М** на графике (рис.2) говорит о низком проценте использования материалов (H₂SO₄, SiO₃, Al₂O₃, H₂O), участвующих в производстве силикагеля, в том числе и таких жизненно важных ресурсов, как вода. Учитывая то, что 30% территорий России являются территориями дефицитными по питьевому водоснабжению, а состояние поверхностных водоемов остальных далеко от благополучного и по ряду вредных веществ превышает ПДК в 5 и более раз, сброс 161441.2 метров кубических воды при производстве всего 1 тонны силикагеля, содержащей в своем составе масло турбинное, сульфид группы, SiO₄, SiO₂, H₂SO₄ и Al₂(SO₄)₃, имеющей PH=(2-3), не может не вызывать опасения за судьбу питьевых артерий России.

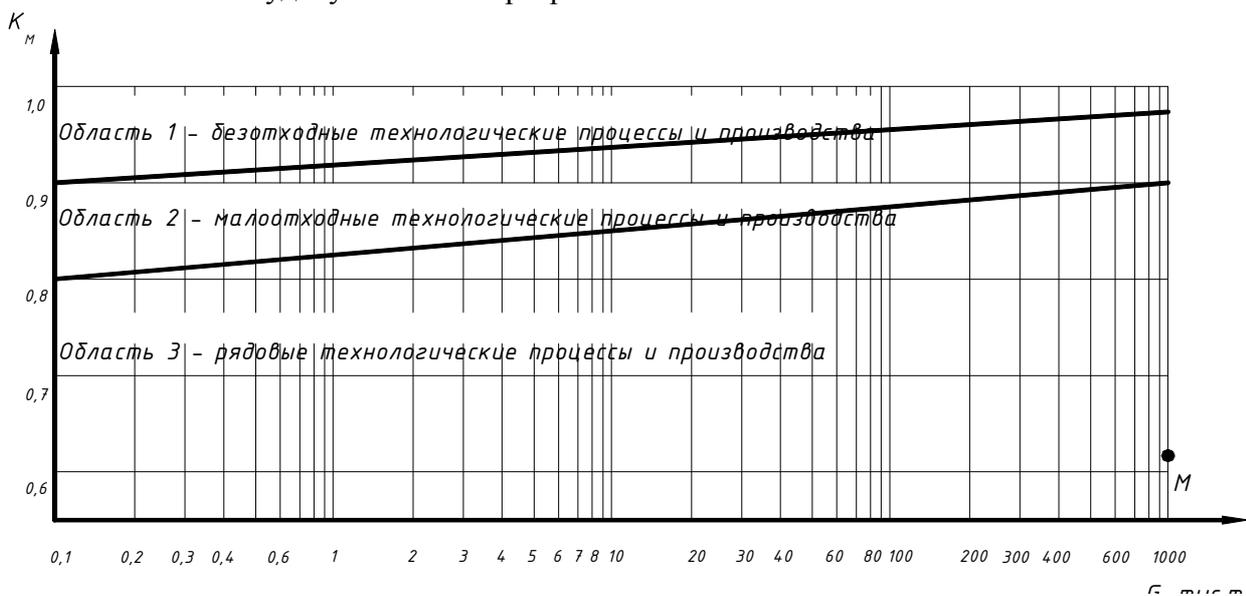


Рис.2. Области значений величины коэффициента полноты использования материальных ресурсов для производства различной мощности, соответствующие «безотходной», «малоотходной» и «рядовой» категориям

Точка **М**, расположенная у нижней границы перехода рядового производства в область недопустимого, по чистоте используемой технологии и ее материалозатратности предполагает необходимость либо усовершенствования технологии производства силикагеля, либо замене его на более чистые материалы.

Применение технологии очистки сжатого воздуха посредством адсорбции силикагелем на железнодорожном подвижном составе, напротив, провоцирует расширение химического производства, являющегося недопустимо материалоемким по потреблению жизненно важных, трудно- возобновляемых природных ресурсов.

Библиографические ссылки

1. Риполь-Сарагоси Т.Л. Технологии для охраны окружающей среды. Материалы юбилейной научно-технической конференции посвященной 50-летию победы, 130-летию МПС и 65-летию РГУПС, Ростов-на-Дону, 1996.– С.55-56.
2. Регламент 22-97 Производство гранулированного силикагеля ОАО «Воскресенские химические удобрения». Воскресенск, 2000.

УДК 338.45

РИСКОВЫЕ СИТУАЦИИ В ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УГОЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Кочура И.В., Донецкий национальный технический университет, Донецк

В период становления рыночных отношений, несмотря на большой производственный потенциал, многие угольные предприятия оказываются на грани банкротства, что влечет за собой их дальнейшее закрытие. Возникает вопрос - есть ли выход из этой ситуации? Одно из решений обозначенной проблемы - это инвестирование финансовых и материальных средств. Звучит заманчиво, но очень рискованно, так как связано с вложением чужих денег, да еще и с процентами - с одной стороны, но может дать вторую жизнь угольному предприятию - с другой.

Стабильная работа или расширение производства связано и с возникновением других рискованных ситуаций: производственных, технологических, социальных, политических и т.д.. Риск - это наличие тенденции к отклонению фактических значений от планируемых показателей в условиях неопределенности. Эти тенденции могут возникать на любой стадии принятия решений в производственной, коммерческой и финансовой деятельности предприятий.

Необходимо заметить, что риск является неотъемлемой частью экономической жизни предприятия, а тем более в угольной промышленности, и игнорирование его в процессе внедрения каких-либо мероприятий значительно снижает конкурентоспособность предприятий, потенциал их жизнедеятельности в условиях изменчивой, в какой-то мере агрессивной внешней среды.

В современной экономической литературе описаны и систематизированы классификации рисков для различного рода видов экономической деятельности предприятий. В настоящее время можно обозначить те, которые наиболее присущи предприятиям угольной промышленности, а затем выделить факторы, влияющие на риски и оценить роль и место каждого риска в общей системе.

По причинам возникновения и числу подвергающихся им объектов можно выделить следующие риски: фундаментальные и специфические риски. Фундаментальные или неконтролируемые, всеохватывающие риски относят к "форс-мажорным" обстоятельствам, которые довольно часто возникают в условиях работы предприятий угольной промышленности. Это внезапные выбросы угля и газа, которые, как правило, влекут за собой пожары, завалы, остановку основной работы на непредвиденное время, геологические нарушения и т.д. Обычно эти риски не включаются в число страховых случаев.

Специфические риски связаны с отдельными личностями или предприятиями как по причинам, так и по наступающему ущербу. Эти риски пригодны для страхования.

С точки зрения страхования можно выделить страховые и нестраховые риски. Для страхового характерно универсальность, случайный характер потерь, непредсказуемость страхового случая и

потерь для конкретного объекта. Нестраховые - это фундаментальные, систематические риски, которые могут порождать катастрофический риск страховщика.

Также можно выделить систематические и несистематические риски. Источником систематического может выступать неустойчивость политической системы, нерациональная налоговая политика и т.д. Несистематический риск связан с конкретным предприятием, то есть непосредственно действия менеджмента на конкретном предприятии.

По особенностям источников риска выделяют риски объективные, субъективные, индивидуальные и универсальные, специфические, экологические, транспортные, политические, технические.

У объективных рисков источники не зависят от воли и сознания объекта. Субъективные риски могут быть реализованы в случае игнорирования объективных факторов деятелем рынка, страхователем. Индивидуальный риск определяется спецификой объекта и источника риска. Универсальный - присущ основной массе определенных типовых объектов страхования (например шахт).

При классификации рисков по выигрышным ситуациям можно выделить следующие: спекулятивный и чистый. Спекулятивные риски предполагают возможность положительного результата. К ним условно можно отнести все риски, если считать, что возможность положительного и отрицательного исхода существует одновременно. Чистые риски - это риски, результатом которых могут быть только отрицательные отклонения. К чистым рискам можно отнести экологические, транспортные, имущественные, политические, производственные, торговые и другие. Хотя политические действия иногда могут давать положительный экономический результат, поэтому предоставляется возможным отнести их к спекулятивным рискам. Понятие "чистый риск" часто используют в исследовательских целях для того, чтобы исследовать только отрицательную часть риска в отрыве от возможного положительного отклонения. Это оправдано, если параметры положительного и отрицательного исхода имеют различную физическую природу. Например, при добыче полезных ископаемых положительный эффект носит финансовый характер, а отрицательный эффект - экологический характер.

Среди источников риска можно выделить: природные (применительно к шахте - это выбросы, изменчивость горно-геологических условий, сезонность рынка энергетического угля и т. д.); ненадежность элементов операций и систем, т.е. способность технических устройств к бесперебойной работе в течении определенного времени (достаточно низкая надежность работы машин и механизмов, транспортных цепочек, возможность случайных и непредвиденных поломок в сложных условиях угольного предприятия); человеческий фактор (ошибочные действия менеджера, действия конкурентов и т.д.). Риски, связанные с человеческим фактором, - это в основном риски управления (риски целеполагания, маркетинга, менеджмента). В свою очередь риск целеполагания - это неправильное определение цели. Риск маркетинга - это возможность отклонений в результатах деятельности по причине конкретного выбора инструментов достижения поставленных целей. Риски менеджмента - это возможность неправильных действий в процессе достижения поставленных целей. Риск менеджмента включает в себя риск изучения, если менеджер не знает объект досконально, и риск действия, что означает возможность принятия опасных решений.

Рисковую ситуацию предлагается рассматривать как совокупность факторов риска, то есть факторов внешней и внутренней среды, взятых в единстве и взаимодействии друг с другом. Созданию рискованных ситуаций способствуют любые изменения в окружающей предприятие рыночной среде, а также они могут быть результатом действия самого предприятия.

При проведении анализа и оценки уровня рисков в угольной промышленности можно сделать акцент на изучение таких внешних факторов как общее состояние экономики страны и региона, конъюнктуры рынка, уровень инвестиционной активности, и т.д.

Установлено, что рискованная ситуация в угольной промышленности возникает при принятии управленческого решения, наличия значительной неопределенности, существования нескольких альтернатив и необходимости выбора одной из них. Исходя из этого, можно выделить основные свойства технико-экономического риска. Это двойственность, дискретность, изменение характера и природы рискованной ситуации во времени, альтернативность при принятии решений, возможность получения случайных ошибок, склонение рискованной ситуации к управленческому влиянию, непредсказуемость.

Возможность выявления в процессе управления предприятием причин экономического риска и мер их влияния на деятельность угольного предприятия в текущем периоде и в перспективе позволяет провести анализ потенциальной рискованной ситуации и разработать способы и приемы управления ею.

Концепция риска экономической безопасности включает в себя два элемента: оценку риска и управление риском. Оценка риска носит экспертный вероятностный характер в силу неопределенности многих негативных последствий как действия объективных факторов, так и принимаемых хозяйственных решений. Управление риском предполагает предвидение возможных критических социально-экономических ситуаций с тем, чтобы предотвратить, ослабить и смягчить их последствия. Поэтому наряду с оценкой вероятности появления той или иной критической ситуации необходима и оценка потерь (ущерба), сопровождающих её возникновение. Выявление рисков экономической безопасности и прогнозирование их последствий осуществляется использованием таких методов: мониторинг показателей экономики, метод экспертной оценки, метод анализа и обработки сценариев, метод многомерного статистического анализа, метод оптимизации и других методов.

Снижение степени рисков, обеспечение и усиление экономической безопасности угольного предприятия требует систематической поддержки со стороны государства, а на предприятиях с акционерной формой собственности доминирующую роль в решении этого вопроса играют органы управления непосредственно этих предприятий.

Библиографические ссылки

1. Глуценко В.В. Управление рисками. Страхование -г. Железнодорожный, Моск.обл. ТОО НПЦ "Крылья" 1999.
2. Материалы XI международной научно-практической конференции "Стратегия экономического развития в условиях глобализации" Т.2. – Черновцы: ЧДУ, 2000.
3. Чернявский А.Д. Антикризисное управление – К.: МАУП, 2000.

УДК 621.928.245:539.3

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГРОХОЧЕНИЯ ВЛАЖНОЙ ГОРНОЙ МАССЫ ПУТЕМ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССА

Калиниченко В.В., ИГТМ НАН Украины, Днепропетровск

Повышение эффективности грохочения влажной горной массы является актуальной задачей, особенно на этапе подготовки сырья к обогащению или на конечных стадиях переработки, когда выполняется разделение по мелким классам. Выполненные исследования и анализ состояния вопроса показали, что перспективным направлением в повышении эффективности грохочения влажных материалов является применение полимерных рабочих поверхностей, в частности, динамически активных резонирующих ленточно-струнных сит (РЛСС). Выполнен комплекс исследований по грохочению влажной горной массы (при изменении влажности от 3 до 20 %) на грохотах с ситами РЛСС при изменении режимных и конструктивных параметров грохотов. Кроме влажности изменялась амплитуда колебаний и частота короба грохота, его угол наклона, размер ячейки сита, удельная нагрузка и длина грохота. Установлен характер зависимости показателей грохочения от каждого из варьируемых факторов при различной влажности горной массы и установлены рациональные пределы регулирования.

Выполненный объем исследований позволил разработать математическую модель работы виброгрохота с учетом влажности горной массы и варьируемых параметров грохота. Установлено, что наиболее адекватной является нелинейная регрессионная зависимость, поскольку выполнен сравнительный анализ показателей адекватности линейной и нелинейной моделей.

На основании экспериментальных и теоретических исследований разработаны рекомендации по выбору режимов работы грохота при грохочении влажных материалов и методика выбора рациональных параметров грохота.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОЦЕССА ТОНКОГО ГРОХОЧЕНИЯ НА ГРОХОТЕ С НЕПОСРЕДСТВЕННЫМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ СИТА

Краснопер В.П., ИГТМ НАН Украины, Днепропетровск

Технологическая операция тонкого грохочения является весьма актуальной в циклах обогащения минерального сырья. Однако отсутствие серийных виброгрохотов отечественного производства, обладающих высокой эффективностью, потребовало вести поиск новых технических решений по тонкому грохочению. В условиях обогатительной фабрики Вольногорского горно-металлургического комбината были проведены промышленные испытания виброгрохотов различной конструкции по классификации концентрата крупностью 300 – 100 мкм. Наиболее перспективными по эффективности, технологичности и простоте обслуживания оказались грохоты конструкции Института геотехнической механики НАН Украины, представляющие собой одно-массную конструкцию с инерционным вибровозбудителем и просеивающую поверхность в виде двух параллельных сит, установленных с малым зазором между ними. Нижнее сито – поддерживающее, выполнено из резиновых лент-струн, установленных с предварительным растяжением в специальный подситнике, а верхнее сито – классифицирующее, закреплено над поддерживающим. При работе грохота колебания лент-струн нижнего сита передаются верхнему и создают интенсивное поле возбуждения на его поверхности, за счет чего достигается интенсификация процесса сухого и мокрого грохочения. Несколько конструкций такого грохота испытаны в условиях фабрики комбината, и получены высокие показатели эффективности по крупности разделения 100 и 200 мкм. Разработана математическая модель такого грохота, проведены динамические испытания конструкции и разработан алгоритм расчета рациональных параметров грохота для получения максимальной эффективности грохочения.

ВОЗДЕЙСТВИЕ ПРОДУКТОВ РАЗЛОЖЕНИЯ ИНГИБИРУЮЩИХ ДОБАВОК НА РЕАГИРУЮЩИЕ ПОВЕРХНОСТИВеселкова Т.А., Мещеряков В.И., Сенина Т.И., Глухов Н.И.,
Одесская Государственная Академия Холода, Одесса

Использование ингибирующих добавок оказывает влияние на режим и время тушения, характер протекания процесса горения в зависимости от аэрозольного тушащего состава.

Для выяснения основных зависимостей были проведены экспериментальные исследования по изучению влияния параметров огнетушащей системы на основе бихромата калия ($K_2Cr_2O_7$) и бихромата аммония $((NH_4)_2Cr_2O_7)$ на характеристики углеводородного пламени. В частности, определялся оптимальный режим тушения: время тушения и его зависимость от параметров аэрозольного тушащего состава. В качестве легковоспламеняющихся жидкостей были использованы этиловый спирт и н-пентан, CH_4 в парообразном состоянии; параметрами системы являлись: масса образца твердотопливной композиции (ТТК) с бихроматами и их процентное содержание в ее составе. Интервал изменения массы образца $(3-15) \cdot 10^{-3}$ кг. Процентное содержание $K_2Cr_2O_7$ в составе аэрозольного тушащего состава варьировалось от 15% до 50%. Исследования были проведены на испытательном стенде, моделирующем зону пожара в закрытом помещении.

В результате проведенных исследований установлено, что при разном процентном содержании рассматриваемых бихроматов в составе твердотопливной композиции оптимальная огнетушащая концентрация аэрозольного тушащего состава различна. Так, при 15-20% содержании $K_2Cr_2O_7$ оптимальная огнетушащая концентрация составляет 68-70 грамм на $1 м^3$, а для бихромата аммония 25-30 грамм на $1 м^3$. Зависимость минимального времени тушения от процентного содержания бихромата калия $t_{min}=f(n)$ может быть представлена аналитически уравнением прямой $t_{min}=0.72n+39.6$, что позволяет прогнозировать время тушения при различном содержании ингибитора в составе аэрозольного тушащего состава. При этом для этилового спирта t_{min} составляет 27 с, а

для н-пентана 29 с при 15-20% содержании $K_2Cr_2O_7$ в составе аэрозольного тушащего состава. При 40% содержании бихромата калия t_{min} равно 10-12 с.

Исследование влияния процесса горения на реагирующие поверхности представляет как теоретический, так и практический интерес. При пожаротушении в зоне реакции зачастую оказывается человек. Поэтому возникает необходимость оценки состояния человека в создавшихся условиях. Важность оценки состояния биологического объекта при пожаре обуславливается известными случаями токсикологических отравлений в результате пожаров. В связи с чем, необходимо определение проникновения замедлителей горения, антипирюющих составов, а также продуктов их термической и термоокислительной деструкции через кожный покров человека, находящегося в зоне пожара. При оценке состояния биологического объекта, который находился в условиях пожара, следует учитывать возможность влияния ингибирующих добавок на токсичность образующихся при горении продуктов разложения. Недостаток данных по исследованию влияния ингибиторов горения на токсичность образующихся при горении газов и дымов приводит к невозможному прогнозированию влияния таких веществ на их токсичность. Нельзя пренебрегать тем фактом, что продукты разложения ингибирующих добавок в рассматриваемых условиях могут проникать в организм не только при дыхании через легкие, основным путем (смесь газов, дым), транскорнеально посредством диффузии через однородные участки рогового слоя, волосяные фолликулы и сальные железы, а и трансгландулярно по выводным протокам потовых желез (вещества растворимые в поте и в воде). Экспериментальные исследования влияния газовых смесей на организм животных в условиях пожара позволяют получать данные, касающиеся первых двух механизмов поступления веществ, и переносить их на человека. К методам оценки состояния биологических объектов при воздействии на них токсических веществ относятся механистический метод построения физиологической модели и эмпирический метод аллометрического масштабирования [1]. Исследование трансгландулярного механизма проникновения веществ затруднено, по причине существенного отличия кожи человека, как анатомически так и функционально, от кожи лабораторных животных. Предполагается возможность изучения проницаемости кожи в области подушечек лапок, которые могут иметь потовые железы, в функциональном отношении аналогичные потовым железам человека. Однако подтверждения таким данным нет. Поэтому важна теоретическая оценка функционирования дополнительного в условиях пожара трансгландулярного механизма проникновения водорастворимых веществ.

Человек при пожаре подвергается мощному воздействию тепла, выделяемого при горении. Следствием такого теплового воздействия является возбуждение системы потоотделения, деятельность которой, согласно [2] неразрывно связана с трансгландулярной проницаемостью кожного покрова. Причем, в таких условиях развивается как термическое, так и психогенное потоотделение, поскольку действуют достаточно сильные температурные и эмоциональные раздражители.

Отличительные особенности функционирования психогенного потоотделения требуют отдельного его рассмотрения в создавшихся условиях в зоне пожара. Психогенное потоотделение способно без латентного периода достигать той интенсивности, которая соответствует степени раздражения, длиться до тех пор, пока действует раздражитель, и сразу же прекращаться при снятии раздражителя. Заметим, что психогенное потоотделение в отсутствие термического наблюдается на ладонях и подошвах, в зависимости от индивидуальных особенностей, в подмышечных впадинах. Если в условиях тушения пожара, указанные зоны поверхности кожи были открыты, то в моменты эмоциональных реакций (напряжения и расслабления) могут наступить непредвиденные периоды торможения психогенного потоотделения и химические вещества, находящиеся в данный момент на поверхности кожи, начнут втягиваться в выводные протоки потовых желез, т.е. в случае не соблюдения мер безопасности по защите поверхности кожного покрова от продуктов горения, в периоды торможения психогенного потоотделения продукты разложения обязательно будут втягиваться в организм биологического объекта.

Характер функционирования термического потоотделения позволяет прогнозировать его поведение (возбуждение, развитие, торможение) у биологического объекта, находящегося в зоне пожара. Поэтому существует возможность анализа поступления веществ по выводным протокам потовых желез в период торможения термического потоотделения.

Вещества, которые попадают на поверхность кожного покрова в зоне пожара, являются результатом множества термических превращений, происходящих при горении. Структура таких ве-

ществ определяет механизм проникновения их в организм биологического объекта. Вероятно, что в условиях пожара на поверхности кожного покрова скапливаются мелкодисперсные вещества, которые с потом втягиваются в глубину выводного протока. Такие вещества, являясь нетоксичными в малых дозах, могут накапливаться в выводных протоках потовых желез в результате избирательной функции реабсорбции их стенок. В том случае, если вещество не будет выведено обратно отмывающим действием очередных порций пота, оно обязательно со временем поступит через стенку протока во внутреннюю среду – межклеточную жидкость. Незаметное для человека накопление таких веществ может в результате стать причиной токсикологического отравления. Жидкие вещества, которые не растворимы в воде, но имеют высокую текучесть, могут как и жидкости втягиваться в выводные протоки потовых желез и внутри организма повышать свое токсическое действие.

Таким образом, если в условиях тушения пожара биологический объект реагировал с продуктами разложения, нужно четко представлять, какими путями могут проникать эти вещества внутрь организма. Так, например, в производственных условиях, если содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны удастся поддерживать на уровне предельно допустимой концентрации, то не всегда удастся избежать непосредственного контакта химических веществ с кожным покровом работающих (руки). Причиной отравления в такой ситуации является кожный путь поступления химических веществ в организм.

Детальное изучение механизмов проникновения веществ в организм человека, находящегося в условиях опасности токсикологического отравления, позволит уменьшить возможность отравлений путем разработки надежных средств защиты.

Трансглангулярный механизм поступления химических веществ в подкожный слой достаточно мало изучен. Химические вещества, согласно данному механизму, проникают в организм по выводным протокам потовых желез после прекращения потоотделения в период его торможения. Таким образом, исследование трансглангулярного механизма проницаемости кожного покрова сводится к изучению физики процессов в выводных протоках потовых желез при возбуждении, развитии и торможении потоотделения и их формализации. Предложена простая модель для изучения, состоящая из потовой железы и ее непосредственного окружения. Рассматривается эккриновая потовая железа, которая является самым распространенным типом потовых желез у человека. Хотя потовые железы различного типа могут отличаться по структуре, форме и размерам, а также возбуждаться с различной интенсивностью, в период втягивания проводить через себя из внешней среды различное количество химического раствора, важно использовать общую модель для изучения основных особенностей. Эккриновая потовая железа по своему строению является простой трубчатой. Она состоит из длинного выводного протока, идущего прямолинейно или слегка извиваясь, и не менее длинного концевого отдела (секреторного), закрученного в виде клубочка. Геометрические параметры потовой железы являются усредненными значениями, к которым относятся средние диаметр, объем, диаметр воронки концевого отдела выводного протока, объем секреторного отдела. Выводные протоки представляют собой упруго-эластичные трубки, расширяющиеся и сжимающиеся под влиянием тяговых усилий элементов кожи. Однако растяжимость их стенок довольно ограничена. Состав среды окружения выводного протока определяем как водно-солевой раствор вода-хлорид натрия ($H_2O+NaCl$). Изначально считаем, что пот представляет собой водный раствор, только 0.3-0.8% которого составляет плотный остаток, обладает постоянной вязкостью и значит является ньютоновской жидкостью. Характер движения пота по выводному протоку определяется согласно движению ламинарных жидкостей по капиллярным трубкам, т.к. $d < b$, где b – капиллярная постоянная.

Согласно физиологии потоотделения пот выводится на поверхность кожи в виде отдельных порций независимо от интенсивности потоотделения, синхронно на разных участках кожного покрова и его движение в выводном протоке определяется как возвратно-поступательное.

При возбуждении потоотделения порция пота, уже приготовленная заранее секреторным отделом поднимается по выводному протоку потовой железы благодаря сокращению миоэпителиальных волокон. За каждым выбросом пота следует расслабление миоэпителиальных волокон, в период которого происходит втягивание порции пота обратно в проток. Пот выбрасывается из выводного протока под давлением, создаваемым миоэпителиальными элементами потовой железы секреторного отдела. Считаем, что давление, обусловленное секреторными процессами, не влияет

на движение пота по выводному протоку. Таким образом условие выталкивания пота на поверхность кожного покрова можно представить, как $p > p_p + \rho gh$, где $p_p = p_n + \Delta p$. Здесь p_n – давление на плоской поверхности жидкости, p – гидравлическое давление, создаваемое при сокращении миоэпителиальных волокон, Δp – давление Лапласа, $\Delta p = \alpha(1/R_1 + 1/R_2)$, α – коэффициент поверхностного натяжения, R_1 и R_2 главные радиусы кривизны мениска в капилляре. Уравнение движения пота по выводному протоку опишем уравнением Бернулли для потока несжимаемой жидкости.

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + h_c, \quad (1)$$

Где v_1, v_2 – средние скорости в сечениях, определяемых как отношение расхода V к площади живого сечения S ; α – коэффициент кинетической энергии, учитывающий неравномерное распределение местных скоростей по живому сечению. Если считать выводной проток круглой трубкой, $\alpha = 2$.

$$E = \frac{\Delta p_v}{\Delta d_n} \cdot \frac{2d_n d_v (1 - \sigma^2)}{d_n^2 - d_v^2}, \quad (2)$$

где Δp_v – изменение давления внутри протока, Δd_n – соответствующее изменение наружного диаметра протока d_n , d_v – внутренний диаметр протока, σ – коэффициент Пуассона.

В процессе своего движения пот расширяет концевые отделы протоков согласно интенсивности потоотделения. Т.к. протоки растягиваются в окружном направлении, они характеризуются окружным напряжением. Изменение диаметра выводного протока связывается с изменением давления внутри протока (и, следовательно, окружным напряжением) с помощью касательного напряжения модуля Юнга. Величина модуля Юнга определяется из уравнения (2).

Когда порция пота выделяется на поверхность кожного покрова, необходимо учитывать постепенное ее испарение с поверхности, сложную форму мениска и краевые углы, а также разность давлений воздуха над поверхностью жидкости в протоке (капилляре) и вне его. Силы поверхностного натяжения капли над устьем выводного протока преобладают над гидравлическим давлением выделенной влаги, поэтому поверхность капли имеет выпуклую форму. Пот выводится под углом, поэтому масса жидкости сразу приобретает вращательное движение и пот легко поступает в выводной проток при втягивании. При непрерывном потоотделении в период втягивания растворы пота и химических веществ не успевают проникать на большую глубину в выводные протоки, ограничиваясь роговым слоем, они очередными порциями пота выбрасываются обратно.

После прекращения потоотделения наступает его торможение. Торможение процессов потоотделения является рефлекторным процессом. Втягивания пота в глубину протока происходит в результате расслабления миоэпителиальных волокон и реабсорбционной функции стенок выводных протоков. В период втягивания в просвете выводного протока возникает отрицательное давление ($-p$), которое способствует наряду с гидростатическим давлением окружающих тканей (p_t) сужению стенок выводных протоков. Можно записать условие втягивания как $-p + p_t - p_p > 0$, где Пот с растворенными в нем химическими веществами поступает в выводной проток неравномерно. Окончание процесса поступления раствора пота в выводной проток произойдет тогда, когда $-p + p_t = p_p$. Необходимо учитывать возможность набухания ороговевших частей протоков в условиях втягивания гипотонических растворов, так как ороговевшие концевые отделы выводных протоков лишены возможности сужаться и состояние их набухания может определять период втягивания.

Библиографические ссылки

1. I. R. M. J. Ings. Interspecies scaling and comparisons in drug development and toxicokinetics. Xenobiotica, 1990, vol.20, no.11, 1201
2. П.П.Слынько. Потоотделение и проницаемость кожи человека. –К.: Наук. думка

НОВАЯ КОНСТРУКЦИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ШПАЛ ДЛЯ РУДНИЧНОГО ТРАНСПОРТА

Луцкий М.Б., Дорожко И.К., Чичкан А.А., ОАО "Алчевский металлургический комбинат"
Луценко В.А., Донбасский горно-металлургический институт
Коваленко А.А., Трансагенство

Одним из факторов, влияющих на безопасность и надёжность перевозок внутришахтным рудничным транспортом, стабильность ширины колеи, возможность быстрого устройства и рихтовку пути с минимальными трудозатратами, эксплуатационные расходы и рентабельность продукции является конструкция верхнего строения пути, к которому относятся шпалы. Поэтому к конструкции, материалу и сроку службы шпал предъявляются жёсткие требования

На промышленных предприятиях и магистральных железнодорожных путях Украины в настоящее время уложено более 28 млн. шпал, из которых более 20 млн.шт. – деревянные, а остальные – железобетонные. Для поддержания железнодорожных путей в рабочем состоянии, ежегодно необходимо производить замену не менее 3,5 млн. шпал, на что необходимо расходовать до 0,4 млн. м³ древесины.

При устройстве верхнего строения внутришахтных железнодорожных путей, наиболее широкое распространение получили деревянные шпалы, которые изготавливаются из древесины хвойных пород, бука, берёзы и др. Срок службы таких шпал не превышает 2-2,5 года. Так как шпалы работают во влажной среде, то для увеличения срока их службы применяются специальные пропитки антисептиками, что позволяет увеличить продолжительность их эксплуатации до 5-6 лет. К недостаткам деревянных шпал можно отнести их низкую стойкость, высокую стоимость подготовки и эксплуатации внутришахтных путей, а также низкую прочность и невозможность в течение длительного периода поддержания заданной ширины колеи. Кроме того, вследствие недостаточно надёжного крепления рельсов к шпалам, увеличиваются трудозатраты и себестоимость содержания пути, усложняется его рихтовка. При этом для крепления на один километр пути, при длине рельсов 6 и 12 м на подкладки, костыли, шурупы расходуется 7600 - 8250 кг металла для рельсов Р-24 и 8250-12400 кг для рельсов Р-33 [1]. При этом применение деревянных шпал приводит к увеличению расхода лесоматериалов, что отрицательно сказывается на охране окружающей среды.

Более надёжными являются получившие распространение в последнее время железобетонные шпалы, снабжённые предварительно натянутой арматурой, применение которых позволяет устранить некоторые недостатки, присущие деревянным шпалам. Однако, несмотря на увеличение в два раза срока службы, железобетонные шпалы плохо воспринимают динамические нагрузки, а крепление к ним рельсов при помощи шурупов и анкерных болтов не обеспечивает надёжности работы и стабильности профиля пути. При этом трудоёмкость работ при устройстве пути значительно увеличивается, так как укладка шпал, имеющих массу 70 - 90 кг, невозможна без применения специальных грузоподъёмных приспособлений и механизмов. Кроме того, как и для деревянных шпал, вследствие недостаточно надёжного крепления рельсов к шпалам, повышается себестоимость содержания пути, усложняется его эксплуатация.

На некоторых шахтах, ввиду отсутствия деревянных и железобетонных шпал, в качестве их замены применяются прокатные профили: швеллеры, отработавшие шахтные стойки, толстолистовая сталь и другие профили.

Так как эти профили функционально не приспособлены для таких целей, то обеспечить безопасность работы транспорта, надёжность перевозок и снижение эксплуатационных расходов не всегда удаётся.

Сотрудниками кафедры обработки металлов давлением Донбасского горно-металлургического института совместно со специалистами Алчевского металлургического комбината была проведена работа по усовершенствованию существующих конструкций шпал для рудничного транспорта. Целью работы являлось повышение надёжности, обеспечение стабильности

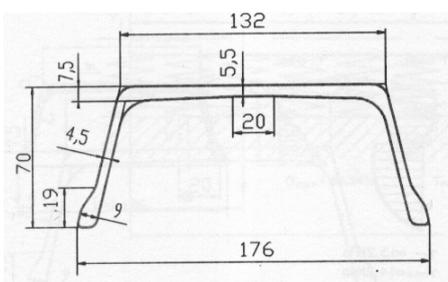


Рис. 1. Поперечное сечение профиля металлической шпалы

профиля колеи в течение всего времени эксплуатации шпал, а также устойчивость работы при динамических нагрузках и безопасности перевозок, снижение трудовых и материальных затрат при устройстве и содержании пути, снижение массы и увеличение срока службы шпал. При решении поставленных задач, с учётом опыта полученного при производстве профилей и конструкции шпал для промышленных предприятий, а так же опыта эксплуатации металлических шпал, которые в течение более чем десяти лет хорошо зарекомендовали себя на подъездных путях Алчевского и Макеевского металлургических комбинатов, а так же обогатительных фабриках и карьерах Криворожского бассейна, был разработан горячекатаный профиль металлической шпалы для внутришахтного рудничного транспорта.

Предложенный профиль, содержащий горизонтальную полку переменной толщины и боковые наклонные стенки с утолщениями на концах, сопряжённые с полкой внутренними и наружными радиусами от известных профилей отличается тем, что отношение высоты утолщённой части стенки к высоте профиля шпалы составляет 0,25-0,29, а отношение минимальной толщины полки на оси симметрии к максимальной толщине составляет 0,6-0,91 [2].

На рис. 1 приведен чертёж поперечного сечения профиля металлической шпалы, предназначенной для рудничного транспорта.

Основные параметры профиля металлической шпалы:

площадь поперечного сечения - 1584 мм²
 масса одного погонного метра - 12,43 кг
 момент сопротивления W_x - 16,95 см³
 момент сопротивления W_y - 61,79 см³

Для проверки пригодности разработанного профиля металлической шпалы к использованию на рудничном транспорте был произведен его расчёт на прочность. С учётом максимальной массы локомотива 14 т определены величины нормальных и касательных напряжений, действующих в опасных сечениях профиля. На рис. 2 приведены эпюры напряжений, возникающих в поперечном сечении шпалы под рельсом при нагрузке 35 кН (при расчётах принята подсыпка из гравистых и крупных песков, высота которой составляет 150 мм, а модуль упругой деформации грунта – 40 МПа).

Установлено, что под действием нагрузок, передаваемых подвижным составом, максимальные изгибающие напряжения возникают в основании шпалы, а величина сжимающих напряжений, возникающих в полке под действием изгибающих моментов, в 2,5 раза меньше величины напряжений изгиба, возникающих в основании. В поперечном сечении профиля, соответствующем максимальному моменту, возникает также максимальная сила Q_{max} , которая вызывает появление значительных нормальных и касательных напряжений в местах сопряжения полки со стенками (точка С). Допустимые напряжения для стали Ст3, из которой предполагается изготавливать шпалы, при циклических нагрузках с характеристикой цикла $r = 0$, определённое по методике [3], составляет 97 МПа, что значительно превышает напряжения, возникающие в опасном сечении. Расчёты, проведенные для условий эксплуатации шпал на грунтах с различными модулями деформации, показывают, что напряжения, возникающие в опасных сечениях профиля при нагрузке колеса на рельс 35 кН, не превышают допустимые.

Предложенный профиль металлической шпалы выдерживает реальные нагрузки, создаваемые

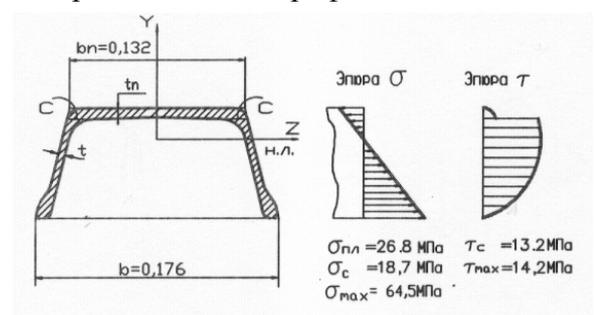


Рис. 2. Эпюры нормальных и касательных напряжений в опасном сечении шпалы.

подвижным составом рудничного транспорта и отвечает предъявляемым требованиям с достаточным запасом прочности. При совместной работе системы рельс – шпалы происходит перераспределение нагрузки от колеса на шпалы таким образом, что уменьшение деформируемости грунта ведёт к снижению нагрузки на шпалу, т.е. к увеличению её надёжности. Отсутствие подсыпки приводит к увеличению напряжений в опасных сечениях шпалы и снижает её выносливость. На рис. 3 приведен общий вид металлической шпалы в сборе.

Наряду с прочностными характеристиками шпального профиля, для устройства и содержания

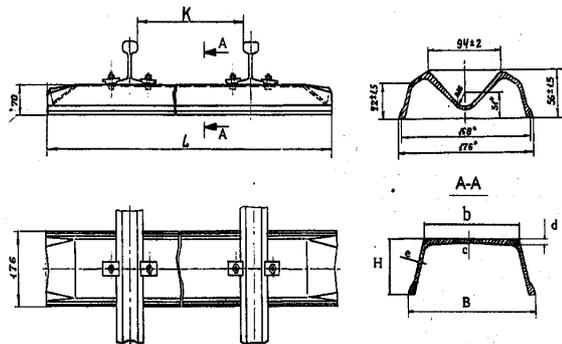


Рис. 3. Общий вид металлической шпалы в сборе

пути большое значение имеет надёжность и простота крепления рельсов к шпале. В зависимости от необходимой ширины колеи и типов рельсов, укладываемых в путь, на полке шпалы предусматривается прошивка фигурных отверстий, предназначенных для установки крепёжных болтов. Отверстия могут прошиваться на прессах, усилие которых должно быть не менее 300 кН.

Для улучшения взаимодействия шпалы с грунтом и предотвращения смещения в продольном направлении под действием осевых нагрузок, предусмотрена подгибка концов.

Для крепления рельсов к металлическим шпалам была разработана специальная накладка, поперечное сечение которой выполнено в виде трапеции, с криволинейными боковыми поверхностями, повторяющими профиль и размеры подошвы рельса.

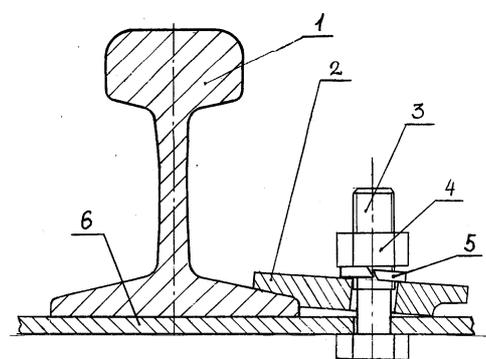


Рис. 4. Схема крепления рудничного рельса к шпале. 1 - рельс; 2 - накладка; 3 - крепёжный болт; 4 - гайка; 5 - шайба; 6 - шпала

При использовании двух смежных профилеразмеров рельсов соответствующим образом выполняются криволинейные поверхности накладки. Как и шпальный профиль, накладки могут изготавливаться на прокатном стане в сдвоенном виде с последующим разделением и прошивкой отверстий под крепёжный болт. Крепление накладки к шпале производится болтом, с утонённой средней частью, головка которого вставляется в верхнюю плоскую поверхность шпалы и фиксируется в ней (рис.4)

На все процессы, связанные с производством шпального профиля, накладки, прошивкой отверстий, подгибкой концов шпал и изготовление крепёжных болтов, разработана технология их получения. Для прокатки шпального профиля и профиля накладок разработаны калибровки валков и схемы прокатки в условиях сортовых станов Украины. Для прошивки отверстий и изготовления фиксирующих болтов, разработан технологический процесс, определены параметры необходимого оборудования, разработаны рабочие чертежи оснастки. В таблице 1 приведены характеристики профиля металлических шпал, в зависимости от ширины колеи и типа применяемых рельсов.

Таблица 1

Показатель	Тип шпалы		
	Под рельс Р18, Р24	Под рельс Р33	Под рельс Р43
1	2	3	4
Масса 1 п.м	12,68	14,26	16,03
Масса шпалы при длине:			
L=1700мм	21,56	24,24	27,25
L=1500мм	19,02	21,39	24,05
L=1200мм	15,22	17,11	19,24
Кол-во шпал из 1 т профиля:			
L=1700 мм	46	41	36
L=1500 мм	52	46	41
L=1200 мм	65	58	51

Применение металлических шпал для устройства пути внутришахтного рудничного транспорта позволит улучшить условия эксплуатации верхнего строения пути, повысить безопасность и надёжность перевозок, обеспечит стабильность ширины колеи в процессе всего периода эксплуатации, исключить применение грузоподъёмных механизмов, в значительной степени снизить трудо-

затраты при устройстве внутришахтных путей рудничного транспорта, а также снизить расходы на содержание и эксплуатацию верхнего строения пути

Библиографические ссылки

1. Подземный транспорт шахт и рудников: Справочник / Г.Я. Пейсахович, И.П. Ремизова. – Л.: Недра, 1986. – 565 с.
2. Пат. UA 11296 МКИ E01B 3/16 Металлическая шпала / Луцкий М.Б., Дорожко И.К., Луценко В.А. и др. Заявл. 24.01.94. Опубл. 25.12.96. Бюлл. № 4.
3. Беляев Н.М. Сопротивление материалов. – М., 1958. – 856 с.

О ПОВТОРНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ВЫРАБОТОК ПРИ СТОЛБОВОЙ СИСТЕМЕ РАЗРАБОТКИ

Бакланов А.А., Трофимов О.Г., Донецкий национальный технический университет

В целях экономии средств на проведение участковых подготовительных выработок, ликвидации потерь угля в ленточных целиках между выемочными столбами при столбовых системах разработки широко применяется повторное использование откаточного штрека в качестве вентиляционного для следующего выемочного участка.

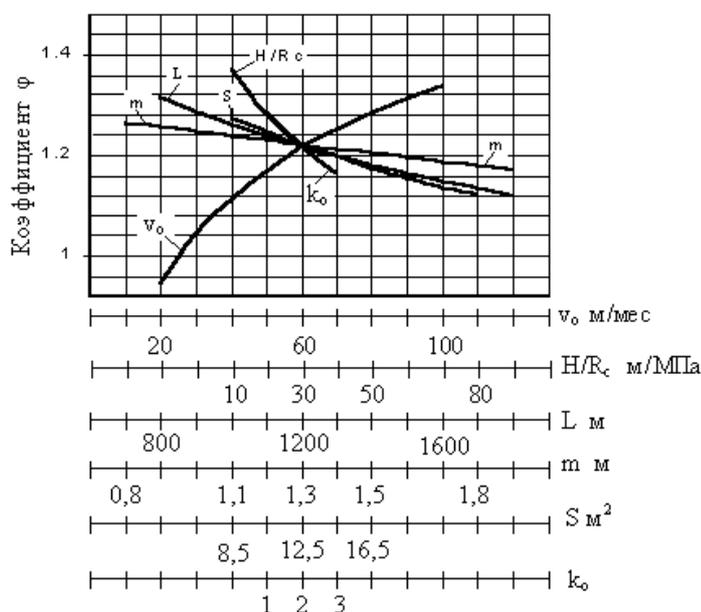


Рис. 2 Влияние природных и технических факторов на величину коэффициента φ

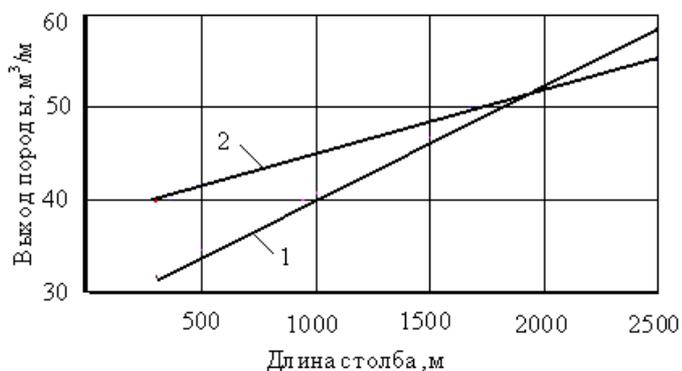


Рис. 1 Зависимость выхода породы от длины столба 1 – при повторном использовании транспортной выработки в качестве вентиляционной, 2 – при проведении для каждого столба двух выработок

Кроме того, для следующего выемочного участка.

Нами предпринята попытка исследовать влияние природных и технических факторов, таких как длина столба L , скорость подвигания очистного забоя v_0 , глубина горных работ H , предел прочности вмещающих выработку пород на одноосное сжатие R_c , мощности пласта m , класса пород кровли по обрушаемости k_0 , сечения выработки S на эффективность повторного использования выработок.

Методика анализа состояла в следующем:

К рассмотрению принята столбовая система разработки тонкого или средней мощности пологого пласта в вариантах проведения двух участковых подготовительных выработок (вентиляционная выработка проводится в присечку к выработанному пространству предыдущего выемочного участка) и проведения только одной (транспортной) выработки с сохранением ее для следующего выемочного участка.

На основании полученных ВНИМИ [1] зависимостей величины и скорости смещений пород в выработку определяется объем породы, которая сместится в выработку за полный срок ее службы и будет выдана на поверхность при ремонте выработки.

Суммарный объем породы, которая будет выдана из шахты с данного выемочного участка, определяется как сумма объема породы от ремонта выработки и породы от проведения выработки.

По количеству такой породы, приходящемуся на 1 м длины выемочного столба и производится оценка варианта системы разработки.

Количество выдаваемой с участка породы характеризует трудоемкость работ по выемке ее при проведении и ремонте выработок и может служить показателем оценки технологии. Расчеты показали, что объем породы, получаемой на участке, возрастает с увеличением размеров выемочного столба для обоих рассматриваемых вариантов технологии. Однако в случае повторного использования выработки этот рост более интенсивный и при определенном размере столба оба варианта оказываются равноценными по принятому критерию (рис.1).

На рис. 2 показано влияние природных и технических факторов на отношение φ объема получаемой породы в случае проведения для каждого столба 2 подготовительных выработок к таковому при повторном использовании выработки.

График влияния каждого фактора построены при постоянных значениях всех других факторов ($H/R_c=30$, $m=1,3$ м, $L=1200$ м, $S=12,5$ м², $v_0=60$ м/мес., $k_0=2$). Как видно из рисунка, наибольшее влияние на принятие решения о повторном использовании выработок оказывают скорость продвижения очистного забоя v_0 , отношение глубины разработки к расчетной прочности пород на сжатие H/R_c , и класс пород по обрушаемости k_0 . Меньшее влияние оказывают сечение выработки S и размер столба L . В значительно меньшей степени влияет мощность пласта m .

Статистическая обработка расчетных величин позволила получить уравнение зависимости показателя целесообразности повторного использования выработки от влияющих факторов. Для принятия решения о повторном использовании выработки необходимо вычислить показатель φ .

$$\varphi = 1,08 + 1,665(H/R_c)^{-0,0962} - 0,232\ln(L) - 0,085m + 0,248\ln(v_0) - 0,0125S - 0,0596k_0$$

Если величина $\varphi > 1$ – целесообразно применять повторное использование транспортной выработки в качестве вентиляционной для следующего выемочного участка, при $\varphi < 1$ желательно для каждого выемочного участка проводить две подготовительные выработки.

Библиографические ссылки

1. Указания по рациональному расположению, охране и поддержанию выработок на угольных шахтах СССР. // –Л., 1986.– С.80-127.

УДК: 621.695

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ И ХАРАКТЕРИСТИКА ЭЛЕМЕНТОВ КОМПЛЕКСНОЙ ГАЗЛИФТНОЙ СИСТЕМЫ ГИДРОТРАНСПОРТА

Гого В.Б., Красноармейский филиал Донецкого национального технического университета

Проведенные исследования показали, что эффективной системой транспорта и очистки продуктов сгорания угля является комплексная газлифтная система (КГС) гидротранспорта-газоочистки, которая рационально использует свойства вторичных энерго-материальных ресурсов компонентов потока в объединенном в газлифте процессе, известном ранее как горно-шахтная установка – эрлифт.

Для разработки КГС необходимо знать термодинамические параметры его компонентов – дымовых газов и транспортируемой золовой гидропульпы. Эти параметры входят в основную расчетную зависимость, определяющую удельный массовый расход гидросмеси, а также конструктивные характеристики основных элементов газлифтной гидротранспортной системы, в частности подъемной трубы.

Двухступенчатая каскадная подъемная труба (в дальнейшем подъемная труба), разработанная по авторскому свидетельству на изобретение [1], представлена на рис. 1, предназначена для газлифта, работающего в комплексном процессе гидротранспорта-газоочистки [2].

Конструктивно подъемная труба состоит из двух частей. Первая часть – циклонная камера 1, в которую тангенциально подводятся дымовые газы и вторая часть – подъемная труба 3, расположенная по оси циклонной камеры 1. Подъемная труба имеет участок 3 смесеобразования и ускорения газожидкостного потока, в котором на оси располагается двухкаскадная труба подачи газожидкостной смеси из первичной смесительной камеры 7 газлифта. Двухкаскадная труба в начале и в конце имеет цилиндрические коаксиально расположенные насадки: первый насадок 6 соединяется со смесительной камерой, а второй насадок расположен на уровне среза (окончания) ускорен-

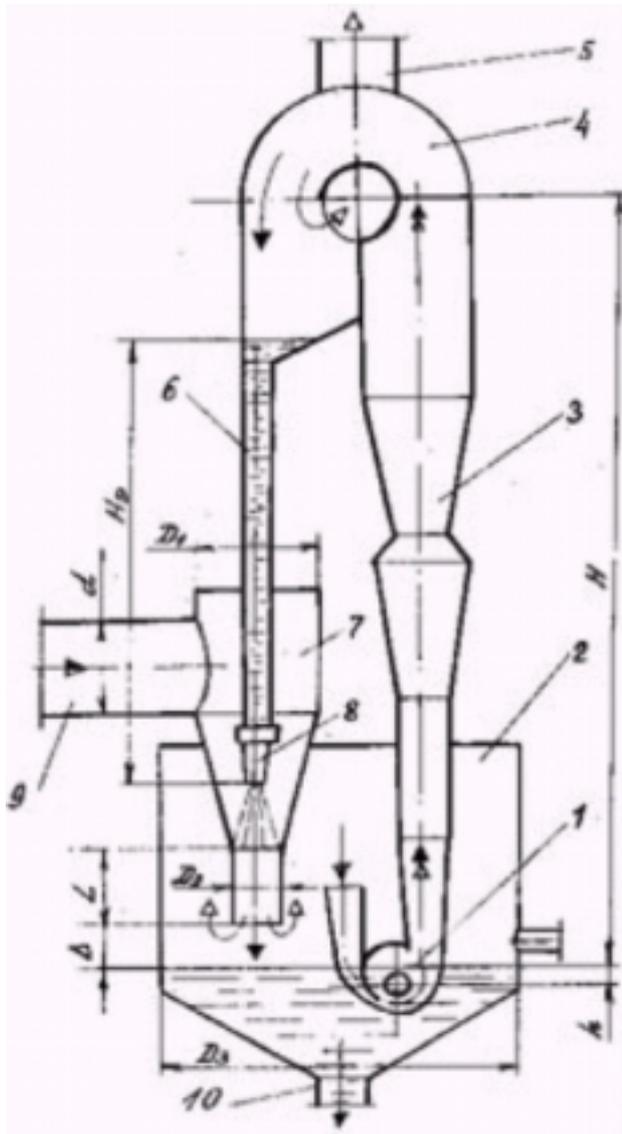


Рис.1. Комплексная газлифтная система гидротранспорта

медленнее газа. Движение сопровождается интенсивным теплообменом. Эти процессы неравновесные и сопровождаются диссипацией энергии, причем энтропия возрастает, и процесс расширения газа оказывается менее эффективным. Понятно, что потери увеличиваются с ростом разности скоростей газа и частиц потока.

Для уменьшения роста энтропии участок 3 подъемной трубы помещен по оси циклонной камеры смесителя 1. Это позволяет аккумулировать тепловую энергию газов на разгонном участке 3, а следовательно, снизить диссипацию тепловой энергии газов.

Вторая особенность движения газлифтного потока на участке 3 состоит в том, что относительная скорость компонентов потока уменьшается, что снижает потери энергии на «проскальзывание» фаз.

Уменьшение разности между скоростями частиц в данном случае можно объяснить следующим.

Сила, действующая на каплю (частицу жидкости) со стороны газа, равна произведению ее массы на получаемое ускорение, т.е.

$$m \cdot \frac{dV_q}{dt} = 0,125 \cdot C_x \cdot \pi \cdot d_q^2 \cdot \rho_2 \cdot (V_2 - V_q)^2, \quad (1)$$

где C_x – коэффициент аэродинамического сопротивления частицы;

$$C_x = 24 \cdot Re_q^{-1},$$

$$Re_q = d_q \cdot (V_2 - V_q) \cdot \rho_2 \cdot \mu_2^{-1},$$

тельного участка. В смесительную камеру входят труба подачи газа (9) и труба подачи жидкости (пульпы). Циклонная камера соединяется с цилиндрической камерой, охватывающей смеситель.

Работает описанный газлифт следующим образом. Газ (дымовые газы) подаются для очистки по трубопроводу 9 в циклонную камеру 7. В смесительную камеру подается жидкость, которая, смешиваясь с газом, поступает в двухкаскадную трубу. В составе газлифтного потока смесь подымается (лифтирует) по трубе 3 и разделяется на очищенный газ и пульпу в газоотделителе 4.

Основной поток газов, пройдя циклонную камеру, поступает в подъемную трубу 3. Во входном сечении подъемной трубы газы проходят первый каскадный уровень и ускоряют жидкость, поступающую в смеситель 1. Вторая часть очищающей жидкости поступает из насадка 8 (второй каскадный уровень).

Смешение потоков газа (с включениями твердых частиц) и жидкости в двух уровнях обеспечивает ступенчатый подвод энергии от газа к жидкости. Учитывая, что скорость газа в десятки раз выше скорости жидкости при поступлении в зону их первичного контакта, приняты меры к снижению рассеивания энергии на удар за счет дробления потока в двух уровнях.

Отметим особенности в движении газлифтного потока на участке 3 подъемной трубы газлифта.

Газ (поток) ускоряется на участке 3 под действием градиента давления. Капли жидкости и твердые частицы пыли (зола) ускоряются под действием аэродинамических сил, а следовательно, движутся

μ_2 – динамическая вязкость газа;

или

$$V_2 - V_4 = \frac{\rho_2 \cdot d_4^2}{18 \cdot \mu_2} \frac{dV_4}{dt}, \quad (2)$$

Средняя скорость движения компонентов газлифтного потока

$$V_{cp} = V_2 - \varepsilon \cdot (V_2 - V_4), \quad (3)$$

где ε – массовая доля жидкости в потоке.

Для условия сближения скоростей компонентов газлифтного потока можно считать, что ускорение частиц приближается к ускорению газа:

$$\frac{dV_4}{dt} \approx \frac{dV_2}{dt} \approx \frac{V_{cp}^2}{L}, \quad (4)$$

где L – длина разгонного участка.

Таким образом, используя (2) и (4), определяем, что

$$V_2 - V_4 \sim \frac{\rho_4 \cdot d_4^2}{\mu_2 \cdot L}, \quad (5)$$

Понятно, что выражение (5) дает сугубо приближенный анализ того, что относительная скорость компонентов потока уменьшается, а следовательно уменьшается и диссипация энергии при взаимодействии фаз потока по длине разгонного участка из-за увеличения массовой доли жидкости фазы по высоте лифтирования.

Проанализируем движение газлифтного потока (газлифтного рабочего тела) – газожидкостной смеси на участке 3.

Изменение скорости потока происходит под действием таких факторов, как подвод и отвод масс компонентов, тепломассообмена, трения и механической работы. Исследуем процесс в общем виде, рассматривая газлифтный поток, как и ранее, в виде идеального газа.

Прологарифмируем уравнение неразрывности газлифтного потока

$$\dot{Q} = \rho \cdot F \cdot V_2,$$

$$\ln \dot{Q} = \ln \rho + \ln F + \ln V_2,$$

и продифференцируем

$$\frac{d\dot{Q}}{\dot{Q}} = \frac{d\rho}{\rho} + \frac{dF}{F} + \frac{dV_2}{V_2}, \quad (6)$$

где \dot{Q} – массовый расход газа; ρ – плотность газа; F – площадь проходного сечения; V_2 – скорость газа.

Продифференцируем уравнение состояния газа, взятое в форме Менделеева-Клапейрона

$$\frac{d\rho}{\rho} = RdT + RT \frac{d\rho}{\rho}, \quad (7)$$

Выразим из зависимости (6) параметр, связанный с плотностью газа, и подставим в (7)

$$\frac{d\rho}{\rho} = RdT + RT \left(\frac{d\dot{Q}}{\dot{Q}} - \frac{dF}{F} - \frac{dV_2}{V_2} \right), \quad (8)$$

Используем уравнение Бернулли, записанное в дифференциальной форме

$$\frac{d\rho}{\rho} = -VdV - dL - dL_{mp}, \quad (9)$$

где dL – механическая работа, производимая газом при ускорении;
 dL_{mp} – удельная работа трения газа.

Приравняем правые части уравнений (8) и (9) и после группировки получим:

$$RdT + RT \left(\frac{d\dot{Q}}{\dot{Q}} - \frac{dF}{F} \right) + (V_2^2 - RT) \frac{dV_2}{V_2} + dL + dL_{mp} = 0, \quad (10)$$

Подводимое с газом тепло идет на изменение энтальпии газа и на изменение его кинетической энергии и работы:

$$dQ = \frac{k}{k-1} RdT + V_2 dV_2 + dL, \quad (11)$$

Из выражения (11) получим

$$RdT = \frac{k-1}{k} (dQ - V_2 dV_2 - dL), \quad (12)$$

Подставим (12) и (10) и после преобразований получим:

$$\frac{k-1}{kRT} dQ + \left(\frac{V_2^2}{kRT} - 1 \right) \frac{dV_2}{V_2} + \frac{d\dot{Q}}{\dot{Q}} - \frac{dF}{F} + \frac{dL}{kRT} + \frac{dL_{mp}}{RT} = 0, \quad (13)$$

Подвергнем анализу выражение (13). Оно показывает, что на движение потока влияют отдельные воздействия: подводимое тепло, трение, механическая работа. В первое слагаемое входит отношение

$\frac{dQ}{T}$, которое определяет энтропию газа. Поэтому следует однозначный вывод, что у

уменьшение энтропии потока газа ведет к увеличению его механической работы, в данном случае по лифтированию жидкости. Так как массообменный характер потока преследует цель очистки газов, то естественным является решение уменьшить теплообмен между разгонным участком 3 и окружающей средой. Для этого участок 3 помещен в циклонную камеру, что позволяет теплоизолировать разгонный участок, а следовательно повысить эффективность термодинамического и механического процессов гидротранспорта-газоочистки.

Библиографические ссылки

1. А.с. 1370323 СССР, МКИ-04-1/18. Многоступенчатый газлифт / В.Г. Гейер, В.Б. Гого и др. – Оpubл. 30.01.88.– Бюл. № 4. – 2 с.
2. Пак В.В., Гого В.Б. Стратегическое направление эколого-энергетической реструктуризации шахт // Уголь Украины. – 1997. – № 10.– С. 26-27.

УДК 622.268.8.001.2 (075)

К ВОПРОСУ О ВЫБОРЕ ОПТИМАЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК

Кольчик Е.И., Мороз О.К., Кольчик И.Е., Касьян Р.Н.,
 Донецкий национальный технический университет, Донецк

Проблемы проведения и поддержания горных выработок являются одними из главных при подземной угледобыче. На некоторых шахтах затраты на поддержание и охрану подготовительных выработок за период эксплуатации значительно превышают затраты на их проведение.

С целью снижения затрат на поддержание выработок на некоторых шахтах проводились выработки увеличенным сечением (шахты им. Калинина, «Донбасс», им. Стаханова и др.). При этом с увеличением площади поперечного сечения возрастают затраты на проведение выработок.

И в связи с этим в некоторых случаях увеличенное сечение было необосновано. Кроме того, с увеличением площади поперечного сечения снижается несущая способность горного массива, вмещающего выработку, и она быстрее выходит из строя.

Поперечные размеры горных выработок принимаются по типовым сечениям, исходя из габаритов применяемого оборудования. Это сечение должно удовлетворять требованиям ТБ по скорости движения воздушной струи после осадки крепи [1]. Для обеспечения нормального проветривания шахт оптимальные сечения выработок рекомендуется принимать согласно рекомендациям [2].

В настоящее время накоплен большой опыт проведения и поддержания подготовительных выработок с различным поперечным сечением на глубинах до 1300 м. Принятие завышенных размеров поперечного сечения выработок в некоторых случаях давало положительные результаты. Однако с увеличением поперечного сечения горных выработок происходит рост затрат на их проведение. Так, на шахтах Донецко-Макеевского и Красноармейского угленосных районов Донбасса на глубинах 800...1200 м затраты на проведение выработок сечением от 7,6 до 24,2 м² изменялись от 820 до 2753 грн./м (см. табл.). Выработки проводились по пластам с коэффициентом крепости вмещающих пород равном $f = 4...6$ по шкале профессора М.М. Протодяконова.

Удельные затраты на поддержание выработок зависят от поперечного сечения и срока поддержания (от 1 до 1,5 лет).

Таблица 1. Затраты на проведение выработок

№ п/п	Мощность пласта, м	Коэффициент крепости пород	Площадь поперечного сечения штрека, м ²	Стоимость проведения 1 пог.м штрека, грн./м	Затраты на поддержание выработок, грн./м
1	2	3	4	5	6
1	0,9	4	7,6	820	1860
2	1,1	4	9,6	1030	1400
3	1	4	11,2	1100	1105
4	0,9	4	13,5	1400	650
5	1,15	4	14,7	1600	282
6	1,15	4	16,5	1700	55
7	1,2	5	9,2	910	1368
8	0,9	5	10,6	1057	1210
9	0,95	5	11,6	1150	908
10	1,05	5	12,7	1340	615
11	1,25	5	13,5	1440	310
12	1,3	5	14,7	1580	300
13	1,12	5	16,5	1805	31,7
14	1,3	5	18,1	2015	57
15	1,25	5	22	2511	5
16	1,4	6	9,6	953	1290
17	1,15	6	10,4	1005	1200
18	1,10	6	11,2	1100	1009
19	1,25	6	12,7	1302	605
20	1,3	6	13,5	1407	458
21	1,27	6	14,6	1515	300
22	1,42	6	15,6	1725	80
23	1,18	6	16,5	1800	30
24	1,11	6	17,2	1905	21
25	1,27	6	17,9	1915	25
26	1,13	6	18,6	2075	15
27	1,18	6	18,6	2090	13,5
28	1,1	6	19,7	2210	5
29	1,45	6	20,5	2340	2,1
30	1,4	6	21,8	2430	5
31	1,38	6	22,2	2575	0

1	2	3	4	5	6
32	1,27	6	24	2605	0
32	1,19	6	24,2	2753	0

Затраты на проведение выработок изменяются от 0 до 1860 грн./м. Причем при сечении выработок, превышающем 18 м^2 , затраты на поддержание выработок за период их эксплуатации до 1,5 года практически равны нулю. Это объясняется тем, что при завышенном поперечном сечении нет необходимости производить перекрепление выработок, однако оно не всегда приводит к снижению затрат на их поддержание. Так, на шахте им. Бажанова на 1100–1250 м возникали неоднократно ситуации, когда проходческий комбайн из забоя подготовительной выработки выдать не было возможности из-за интенсивного пучения почвы. И это происходило в выработках, которые проводились таким образом, что их почвой служил песчаник прочностью $f = 10\text{--}12$ по шкале проф. М.М. Протодяконова. Смещения пород почвы в течение 1...1,5 года достигали 1250...2480 мм. Причем величина пучения тем больше, чем больше ширина выработок.

Исходя из сказанного, поперечное сечение выработок необходимо принимать таким, чтобы суммарные затраты на проведение и поддержание выработок были минимальными.

В результате выполненных в ДонНТУ исследований установлено, что средние затраты на проведение выработок на глубинах 750–1120 м по породам с коэффициентом прочности пород от 4 до 6 зависит в основном от площади поперечного сечения выработок и могут быть определены по формуле

$$K_{yd} = 118S - 180, \quad (1)$$

где K_{yd} – удельные затраты на проведение выработок, грн./м; S – площадь поперечного сечения выработок, м^2 .

Удельные затраты на поддержание выработок изменяются от 0 до 1860 грн./м и могут быть определены по формуле

$$R_{yd} = 20S^2 - 600S + 6300, \text{ грн./м.}$$

С уменьшением сечения происходит уменьшение затрат на проведение выработок, но затраты на поддержание возрастают. С увеличением сечения выработок происходит увеличение затрат на их проведение. Затраты на поддержание при этом стремятся к нулю.

В результате выполненных исследований установлено, что для условий Донецко-Макеевского и Красноармейского районов Донбасса на глубинах 800–1200 м оптимальные сечения подготовительных выработок находятся в пределах $14\text{--}18 \text{ м}^2$.

Использование приведенных зависимостей позволит упростить расчет оптимальных сечений горных выработок и избежать значительных затрат на проведение и поддержание выработок.

Библиографические ссылки

1. Правила безопасности в угольных шахтах. – К.: Основа, 1996.
2. Татомир К.И. Расчет оптимальных сечений горных выработок шахт. – К.: Наук. Думка, 1971. – 239 с.

УДК 621.926.54

РОЛЬ ПРОГРАМНОГО КЕРУВАННЯ В ПІДВИЩЕННІ НАДІЙНОСТІ СИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ З ПРУЖНИМИ МУФТАМИ

Півняк Г.Г., Школа М.І., Кириченко В.В.
Національний гірничий університет

Установлено вплив явнопольності синхронного двигателя и колебаний его электромагнитного момента на уровень динамических нагрузок компонентов привода во время асинхронного пуска. Для снижения уровня этих нагрузок предложена программная компенсация периодической составляющей момента путем применения микропроцессорных средств. На примере промышленной мельницы самоизмельчения подтверждена эффективность предложенного метода.

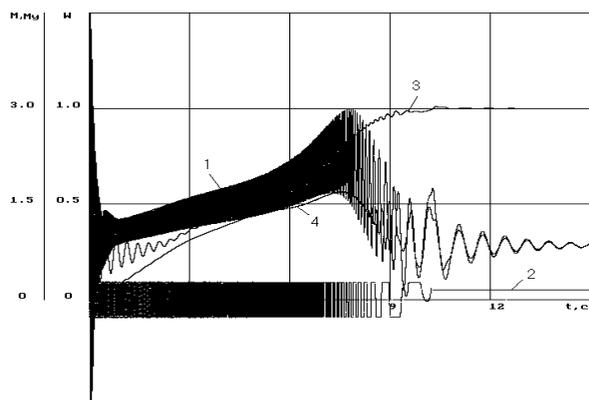


Рис. 1. До ефективності запуску при обмеженні напруги збудника на рівні 1,75 в.о.: 1 – електромагнітний момент; 2 – напруга збудника; 3 – швидкість двигуна; 4 – пружний момент

двигунів. Відомі пропозиції вирішення проблеми за допомогою циклічного або гармонічного збудження [1-7].

В роботі пропонується програмне формування напруги тиристорного збудника у залежності від частоти обертання (ковзання) двигуна, рівня напруги живлення, кутового положення ротора та вимог щодо бажаного електромагнітного моменту. Отримано узагальнений вираз, алгоритм та відповідні обчислювальні вирази для формування напруги збудження. Ефективність відпрацьованого мікропроцесорного пристрою ілюструють побудовані на рис.1.

Бібліографічні посилання

1. Пэк Ен Чер. Исследование влияния знакопеременного регулирования возбуждения синхронных машин на процесс вхождения в синхронизм. // Энергетика. – 1958. – № 10. – С.1-8.
2. Соколов Н.И., Сумцов И.А., Кременецкий А.М. Ресинхронизация синхронных двигателей многократной форсировкой возбуждения. – Электричество. – 1975. – № 5. – С.43-48.
3. Урусов И.Д. Линейная теория колебаний синхронной машины. М.–Л.: Изд. АН СССР,– 1960.
4. Урусов И.Д., Камша М.М. Анализ некоторых способов улучшения асинхронных характеристик синхронных двигателей для обеспечения их синхронизации. –Изд. АН СССР. Энергетика и транспорт. –1979. – № 4. – С.83-91.
5. Сивокобыленко В.Ф., Краснокутская Г.В. Управление возбуждением синхронного двигателя в режимах пуска и ресинхронизации. – Электричество, 1998. – № 2. – С.44-48.
6. Павлюк К., Беднарек С. Пуск и асинхронные режимы синхронных двигателей. –М.: Энергия, 1971. – 270 с.
7. Крюков Д.К., Школа Н.И. Исследование пусковых режимов электропривода мощных рудоразмольных мельниц // Горная электромеханика и автоматика. –К.: Техніка, 1981. – Вып.39. – С.73-77.

УДК 621-926

О ПОВЫШЕНИИ НАДЕЖНОСТИ ПУСКА КРУПНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МЕХАНИЗМОВ

Пивняк Г.Г., Кириченко В.И., Бородай В.А.
Национальный горный университет

Виконаю аналіз умов запуску та методів забезпечення надійності синхронних електроприводів потужних виробничих механізмів гірничо-металургійного комплексу. Для підвищення пускових моментів двигунів запропоновано обмотку збудження виконувати розщепленою, а котушки полюса поєднувати за допомогою конденсаторів. Як приклад розраховані пускові характеристики конкретного двигуна.

The analysis of conditions of start-up and methods of maintenance of reliability of synchronous electric drives of large industrial mechanisms of a mountain - metallurgical complex is executed. For raise of starting torque & of propellers it is offered to carry out a field winding split, and coils of a pole to merge by means of capacitors. In the capacity of an instance calculation of starting characteristics of the concrete propeller is executed.

Значительные моменты инерции и форма механических характеристик барабанных мельниц требуют от традиционного синхронного электропривода пусковых моментов выше номинального. А это обуславливает либо повышенный запас установленной мощности привода, либо требует иных решений, в том числе улучшения свойств двигателей и систем управления ими. Использование

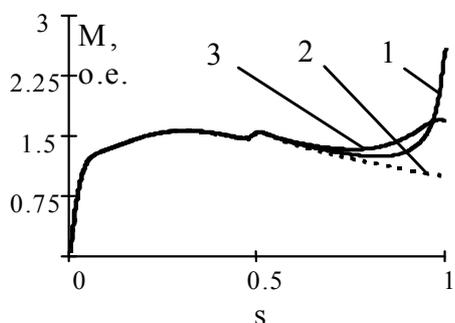


Рис. 1. Пусковые характеристики двигателя СДСЗ-18-49-20-УХЛ4 с ОВСК: 1 - одноступенчатая ОВСК; 2 - естественная характеристика; 3 - пятиступенчатая ОВСК

в цепи обмотки возбуждения резисторов и конденсаторов за счет возникновения резонансных явлений повышает пусковой момент синхронного двигателя, однако возникающие при этом перенапряжения на обмотке и конденсаторах, а также изменения входного момента ограничивают возможности этого метода [1].

В Национальном горном университете предложено оснащать традиционные синхронные двигатели расщепленной обмоткой возбуждения специальной конструкции (ОВСК). При этом обычные полюсные катушки разделяют пополам, причем полученные таким образом верхние и нижние полукатушки между собой соединяют последовательно. Полученные полуобмотки соединены последовательно посредством двух разрядных резисторов. Полукатушки каждого полюса соединены между собой конденсаторами [2].

Особенностью такой конструкции обмотки возбуждения является возможность компенсации реактивной мощности ротора за счет возникновения резонансных явлений. Благодаря этому пусковой момент двигателя значительно возрастает. При этом ток статора изменяется мало.

При исследовании в качестве примера пусковых механических характеристик синхронного двигателя СДСЗ-18-49-20-УХЛ4 с ОВСК и одинаковыми конденсаторами подтверждена возможность компенсации реактивностей роторных обмоток и частично обмотки статора. Кроме того, установлено, что увеличение емкости конденсаторов сдвигает резонансные эффекты в направлении скольжения. Для получения гладкой формы пусковой механической характеристики рекомендуется использование нескольких конденсаторных групп с различными резонансными частотами. Расчет пусковых механических характеристик с пятью ступенями конденсаторов подтвердил принципиальную возможность получения их гладкой формы (рис.1, зависимость 3). Для практического использования количество ступеней возможно ограничить, например, тремя.

Библиографические ссылки

1. А.с.№961093 СССР.МКИ Н 02 Р 9/12. Электропривод с синхронной машиной /В.Б. Низимов, С.В. Колычев, Ф.Ю. Лужков и Е.Г. Суловский - (СССР). – №3244200/24-07. Заявлено 11.02.81; Опубл. 31.09.82. –Бюл. №35.–4 с.
2. Кириченко В.И., Гомилко В.С., Бородай В.А. Синхронный двигатель. Патент Украины UA 31044 А, 6 Н02К 19/36.

УДК 621.926.54

О ПРОБЛЕМАХ МОДЕРНИЗАЦИИ БАРАБАНЫХ МЕЛЬНИЦ И ИХ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Пивняк Г.Г., Кириченко В.В., Боровик Р.А.
Национальный горный университет

Наведені особливості механіки завантаження барабана низькочастотного млина примусового подрібнення з циліндричним робочим органом. На основі характеру взаємодії робочих поверхонь з подрібнювальним середовищем визначені напрямки вибору їх раціонального профілю. З урахуван-

ням особливостей впливу кутового розташування приводу на енергетичну ефективність млина запропоновані критерії вибору кута його розташування.

Features of the mechanics of loading of a drum of a low-frequency mill of compulsory crushing with cylindrical working body are given. On the basis of character of interaction of working surfaces with the crushed environment ways of a choice of their rational structure are determined. On the basis of the account of features of influence of angular position of a drive on power efficiency of a mill criteria of a choice of a corner of its arrangement are offered.

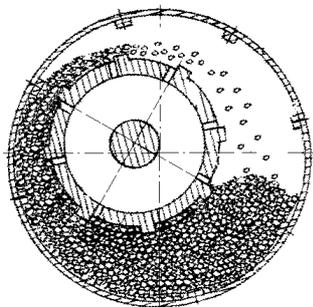


Рис. 1. Разрез мельницы принудительного измельчения МПС(Р)

Стремление увеличить эффективность барабанных мельниц обуславливает необходимость усовершенствования их конструкции и собственно процесса измельчения. Особое место занимают вопросы выбора частоты вращения, механики разрушения сырья и износа рабочих поверхностей мельниц [1]. Шагом в направлении решения этих проблем является создание высокочастотных мельниц принудительного измельчения [2]. Для снижения капитальных затрат для них предложен и низкочастотный режим (рис. 1), позволяющий путем модернизации традиционных мельниц увеличить их производительность в 2-3 раза [3] при одновременном росте эффективности измельчения. А это требует применения двухдвигательного привода с оптимальным угловым расположением шестерен [4]. Среди задач модернизации выделены выбор рациональных профилей футеровок рабочих поверхностей мельниц на основе

определения характера их нагрузок, иных, чем при сверхкритических частотах [5]. Учитывается, что при определенных условиях рабочий орган мельницы обеспечивает измельчение материала истиранием с раздавливанием и самофутеруется им или измельчающей средой. При этом профиль футеровки рабочего органа должен обеспечивать максимально возможный коэффициент движения мельницы. В основу метода выбора профиля рабочего органа и барабана мельницы положены принципы определения износостойкого профиля, разработанные проф. Д.К. Крюковым [1], а также методы расчета нагрузок, предложенные в работе [7].

Библиографические ссылки

1. Крюков Д.К. Футеровки шаровых мельниц. – М.: Машиностроение, 1965.–183 с.
2. Півняк Г.Г., Кириченко В.І. Енергозбереження та інтенсифікація процесів подрібнення. – Дніпропетровськ: НГАУ, 2000. –164 с.
3. Кириченко В.І., Гомілко В.С. Докритичні режими та особливості їх використання для млинів примусового подрібнення // Вісник НГА України. – 1998. – №1.–С.82-83.
4. Півняк Г.Г., Кириченко В.І. Електромеханічні системи енергонапружених барабаних млинів.– Дніпропетровськ: НГАУ, 2000. –164 с.
5. Кириченко В.И., Казачковский Н.Н., Бородай В.А., Кириченко В.В. К изучению влияния внутримельничной загрузки на барабан ресурсосберегающей мельницы принудительного самоизмельчения // Металлург. и горнорудная пром-ть. –1997.–№1.–С.64-67.
6. Кириченко В.І. Млини примусового подрібнення та їх працездатність //Уголь України.– 1998.–№4.–С.50-52.
7. Кириченко В.І. Обґрунтування конструктивних параметрів та режимів роботи млинів примусового подрібнення з обертальним інтенсифікатором: Дис. ... докт. техн. наук: –05.05.06.– Дніпропетровськ, 1999.–337 с.

УДК 621.926.54

О ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЯХ УПРАВЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ ПРОЦЕССА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ В БАРАБАНЫХ МЕЛЬНИЦАХ

Кириченко В.И., Рыбаков А.А.

Показано, что основное оборудование ГОКов – тихоходные барабанные мельницы – требуют совершенствования из-за нерационального режима измельчения, в основном ударного и

раздавливанием, что для получения мелких фракций малоэффективно. Улучшает ситуацию внедрение многоуровневых систем управления с мини- и микро-ЭВМ на низких уровнях иерархии, в частности системы косвенной оценки свойств питания с коррекцией производительности питателя или степени заполнения. Барабанная мельница и классификатор как один объект управления весьма инерционные и эффективность управления по отклонению низкая. Поэтому при автоматизации чаще используют параметры, отражающие энергетическую эффективность разрушения, такие как степень заполнения барабана, средняя мощность и шум мельницы. Наиболее распространена система стабилизации средней мощности двигателя путем регулирования потока исходного питания.

Известно о предложении решать проблему использованием для целей регулирования параметров, поддающихся автоматическому контролю и характеризующих энергетическую эффективность процесса разрушения. Один из таких способов снижения затрат энергии на измельчение заключается в предложении искусственно усилить колебания загрузки барабана с целью увеличения доли трения. Интенсивность процесса измельчения контролируют и измерением амплитуды колебаний активной мощности приводного двигателя на определенной частоте (Лебединский ГОК). Известно о предложении управлять колебаниями загрузки путем формирования периодической составляющей тока возбуждения двигателя. При этом принята рабочая гипотеза о том, что это обеспечит колебания ротора приводного двигателя, увеличит амплитуду колебаний активной мощности привода и колебания внутримельничной загрузки. Однако эффективность системы оказалась малой ввиду нестабильности параметров измельчительного агрегата и свойств сырья, несовершенства аналоговых анализатора спектра колебаний, аппаратных особенностей и алгоритма функционирования устройства регулирования.

Известно, что частота собственных колебаний изолированной двухмассовой системы определяется моментами инерции и жесткостью. Однако в системе мельница – синхронный двигатель следует учитывать наличие двух жесткостей – муфты и угловой характеристики синхронного двигателя. Жесткость муфты постоянна и в процессе колебаний изменяется мало, а жесткостью угловой характеристики можно управлять, регулируя определенным образом ток возбуждения двигателя. А значит управлять жесткостью и частотным спектром всей системы в целом. А поэтому возможно создание системы управления колебаниями барабана и внутримельничной загрузки путем использования, усиления или регулирования собственных частот двухмассовой системы с двумя жесткостями. При этом динамическая жесткость угловой характеристики двигателя может регулироваться автоматически или быть требуемой при фиксированном или регулируемом уровне тока возбуждения. Такой метод перспективен с точки зрения увеличения производительности мельницы без увеличения потребления электроэнергии, не требует больших материальных затрат и изменений в ее конструкции.

Библиографические ссылки

1. Пивняк Г.Г., Кириченко В.И. Тенденции развития и направления совершенствования электро-механических систем мощных мельниц // Электротехника 4. – 1999. – №5. – С.56-61.
2. Кириченко В.В., Бородай В.А., Рыбаков А.А. О направлениях усиления влияния электропривода на эффективность применения и надежность барабанных мельниц // Вісник СНУ. – 2001. – №3(37). – С.89-92.

УДК 629.114.2.012.3:658.562

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОБОДЬЕВ КОЛЕС ТРАКТОРОВ КЛАССА 0,61,4 ТС

Коноваленко А.Д., Кременчугский государственный политехнический университет, Кременчуг

Сегодня ключевым фактором завоевания и удержания позиций на рынке, обеспечения максимальной продажи выпускаемой продукции является ее качество. Для заводов машиностроительного комплекса Украины, прилагающих большие усилия в целях завоевания зарубежных рынков для своей продукции проблема конкурентоспособности особо актуальна.

Это касается и ОАО «Кременчугский колесный завод» единственного в СНГ специализированного предприятия по выпуску колес для автотракторной техники. Все ободья колес, выпускаемые этим предприятием, изготавливаются из листового металла методом радиально-ротационного профилирования (РРП), которые отличаются высокой производительностью, простотой реализации в производстве и универсальностью оборудования. Однако отсутствие данных по технологическим усилиям и надежной методики их расчета не дает возможности в полной мере использовать все преимущества радиального профилирования, затрудняет проектирование новых технологических процессов. В связи с этим Кременчугским государственным политехническим университетом совместно с ОАО «Кременчугский колесный завод» в производственных условиях были проведены экспериментальные исследования ободьев колес тракторов 0,6 – 1,4 ТС. Данный тип тракторов комплектуется ободьями 4,5 Е x 16.

При профилировании данных ободьев применяется следующая схема профилирования: на первой операции на цилиндрической обечайке выполняют наметку бортов. На второй операции профилируют черновой профиль, где уже имеются все составляющие профиля: борта, посадочные полки и центральный ручей, причем радиусы угловых переходов имеют размеры большие, чем аналогичные радиусы готового профиля. Глубина центрального ручья после второй операции соответствует глубине окончательного профиля. На третьей операции производится загибка бортовых краев, окончательная обработка посадочных полок и доводка всех радиусов. Распределение толщины металла по окончательному профилю [1] неравномерные: наибольшее утонение наблюдается в угловых зонах центрального ручья, в то время, как дно центрального ручья имеет максимальную толщину, обычно даже большую, чем толщина исходной заготовки.

Такая технологическая схема профилирования имеет ряд существенных недостатков: неравномерное распределение деформации по операциям, многократное профилирование по одним и тем же радиусам (работа «радиус в радиус»), что в совокупности не позволяет уменьшить утонение металла в местах радиусных переходов. В связи с этим с целью разработки новых технологических схем профилирования данного типа ободьев проведены исследования технологических усилий профилирования на всех технологических переходах. По принятой методике были определены усилия профилирования на всех технологических переходах ободьев колес 4,5 Е x 16. Результаты обработки и анализа осциллограмм показали следующее: максимальные усилия профилирования данных ободьев имеют место в третьем переходе и составляют 395,89 кН, усилия профилирования распределены неравномерно, с тенденцией к повышению к последнему переходу, что отрицательно сказывается на качестве ободьев и стойкости профилировочных роликов.

На основании выполненных исследований разработаны предложения по созданию новой технологической схемы профилирования ободьев колес 4,5 Е x 16, включающие предварительную осадку, вытяжку середины центрального ручья с перегибом в месте будущих радиусов закругления между посадочной полкой и стенкой центрального ручья, перемещение в процессе профилирования угловых зон центрального ручья от центра к периферии, распределение коэффициента вытяжки по операциям с уменьшением от первого перехода к последнему. Внедрение в производство такой схемы профилирования позволяет экономить 200 т металла в год.

Библиографические ссылки

1. Коноваленко А.Д., Повышение эффективности профилирования ободьев колес сельскохозяйственных машин. // Матеріали Міжнар. Наук.-технічної конф. “Застосування теорії пластичності в сучасних технологіях обробки тиском”. – Вінниця, 2001 – С. 72-73.

ПОРІВНЯЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РЕАГЕНТІВ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ОЧИЩЕННЯ ШАХТНИХ ВОД ВІД МЕХАНІЧНИХ ДОМІШОК, ЯКІ ВИЗНАЧАЮТЬ ФАКТОРИ ЗАБРУДНЕННЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ГІРНИЧИМ ПІДПРИЄМСТВОМ

Бондаренко Н.К., Єфімов В.Г., Резніков М.Г.,
Донецький національний технічний університет, Донецьк

Індустріальна агресія природи Донбасу створює величезне антропогенне навантаження на біосферу регіону (тільки у Донецькій області знаходиться близько 1500 великих та середніх підприємств 1-го класу небезпеки). У поверхневій водоймі скидається приблизно 3,7 млрд. м³/рік стічних вод, а в атмосферу за цей же час поступає 4,7 млн. т шкідливих речовин. У зв'язку з цим Донбас належить до числа особливо напружених в екологічному відношенні регіонів України.

Одним з найважливіших факторів, що визначають тяжкий стан навколишнього природного середовища у Донбасі, є зміни, які відбуваються у водній екосистемі регіону. До їх числа належать (у порівнянні з іншими регіонами України):

- по-перше, дефіцит питної води – найнижча (у 10-15 разів) водозабезпеченість;
- по-друге, найвища інтенсивність водоспоживання, млн. м³/рік: 1310 – в електроенергетиці, вугільному виробництві, горній металургії, хімічній та нафтохімічній галузях промисловості; 250 – у зрошувальному землеробстві; 320 – на господарчі та питні потреби, від 10 до 40% усього об'єму води – втрати у зношених трубах;
- по-третє, найнижча якість.

Особливо складною екологічною проблемою Донбасу є шахтні води, що скидаються в гідрографічну мережу. Вугільну промисловість Донбасу можна назвати “водовугільною” через те, що відповідно до статистичних даних на кожному тону здобутого вугілля, на земну поверхню видається 3 м³ шахтної води.

Шахтні води не відповідають вимогам охорони поверхневих вод по 4-м параметрам:

- висока мінералізація (більше 1г/л – всі шахти; до 3 г/л – 60% шахт; більше 3 г/л – 40% шахт), через що у водойми і річки щорічно скидається біля 2 млн. т сольових розчинів;
- забруднення завислими речовинами (90-100 мг/л), що викликає замулювання водних об'єктів;
- бактеріальне забруднення (іноді норми перевищуються у сотні і тисячі разів);
- підвищений вміст тяжких металів, особливо цинку, заліза, ванадія, міді, хрому, нікелю та інших. Їх вміст перевищує гранично-допустимі концентрації від 1,5 до 15 разів.

Враховуючи важливість проблеми очистки шахтних вод від механічних домішок, в лабораторних умовах кафедри “Природоохоронна діяльність” Донецького національного технічного університету здійснювались порівняльні дослідження різних реагентів з метою інтенсифікації процесу освітлення скидних вод. Для порівняння використовувались флокулянт “Штокополь” виробництва фірми “Штокхаузен” (Німеччина), сірчаноокислий алюміній та гранульований поліакриламід (ПАА) вітчизняного виробництва, які широко використовуються у вугільній промисловості.

Реагент “Штокополь” – синтетичний полімер, до складу якого входить 95% активної речовини та 5% вологи, білий мілкозернистий гранулянт, добре розчинений водою.

ПАА - сухий гранульований сульфатний. Гранули біля 8 мм зеленуватого кольору, ТУ 95-64-71. Вміст основної речовини - 65%.

Сірчаноокислий алюміній [Al₂(SO₄)₃] – ГОСТ 12966-67. Вміст основної речовини –15%.

Для проведення досліджень були взяті шахтні води шахт імені А.Ф. Засядько та імені М. Горького ВОК ”Донецьквугілля”, як найбільш представницькі для умов Донбасу.

Концентрація механічних домішок у різних пробах шахтної води змінювалась від 50 до 1712 мл/л, загальний вміст солі у воді шахти імені М. Горького – 2,8 г/л, а води в шахті імені А.Ф. Засядько - 3,7 г/л, значення рН відповідно 8,1 і 8,4.

З метою визначення впливу досліджуємого реагенту на процес освітлення прісних шахтних вод було приготовано імітат шахтної води із загальним вмістом солі 1,0 г/л при значенні рН = 7,0 з різним вмістом механічних домішок.

Порівняльні дослідження впливу реагентів на освітлення природних шахтних вод та імітатів виконувались у стандартних літрових циліндрах відповідно діючої методики.

Вміст завислих речовин у воді визначався після годинного відстоювання при розрахунковій швидкості осадження завислих речовин 1,05 м/с.

При дослідженні впливу реагентів на імітати шахтної води було отримано якісний збіг результатів з дослідженнями на природній шахтній воді.

Дослідженнями по визначенню оптимальних доз реагентів було встановлено, що з концентрацією механічних домішок від 50 до 1712 мг/л вони знаходяться у таких межах:

“Штокополь” – 0,2 - 0,4 мг/л;

ПАА – 0,6 - 1,0 мг/л;

[Al₂(SO₄)₃] – 40 - 100 мг/л.

В таблиці наведено результати освітлення шахтних вод при оптимальних дозах реагентів.

Досліджувався також вплив цих реагентів на ступінь ущільнення осадів шахтних вод шахти імені А. Ф. Засядько на імітатах з концентрацією механічних домішок 5, 10 і 15 г/л.

Таблиця 1 – Результати освітлення шахтних вод при оптимальних дозах реагентів.

Вміст завислих речовин у вихідній воді, мг/л	Ефект освітлення, % при дозі реагентів, мг/л							
	“Штоко-поль”		Al ₂ (SO ₄) ₃				ПАА	
	0,2	0,4	40,0	60,0	80,0	100,0	0,6	1,0
50	-	34,4	44,0	-	-	-	-	29,6
167	77,5	-	-	-	-	86,8	-	80,8
172	80,0	-	-	75,9	-	-	-	77,4
497	-	84,0	-	-	-	90,3	92,6	-
504	92,7	-	93,3	-	-	-	-	90,6
906	96,7	-	-	-	-	96,6	-	96,7
1090	92,8	-	-	-	95,3	-	-	96,4
1712	-	96,8	-	96,8	-	-	-	97,0

Фракційний склад механічних домішок шахтних вод шахти імені А. Ф. Засядько – тонкодисперсний, фракційний менш 50 мкм вміщується 92,6%.

Дослідження здійснювались у літрових циліндрах з вимірюванням висоти слою осадку через кожні 5 хвилин відстоювання на протязі 4 годин. При цьому витрата реагентів дорівнювала: Al₂(SO₄)₃ - 100 мг/л, ПАА - 1,0 мг/л та "Штокополь" - 1,0 мг/л. Ступінь ущільнення осадів розраховувалась по формулі [1]:

$$I = \frac{h_n - h_t}{h_n - h_k} \quad (1)$$

де h_n - висота слою імітату, мм; h_t - висота слою опадку через t хвилин, мм; h_k - кінцева висота слою опадку при t_{\max} , мм.

Було встановлено, що ступінь ущільнення осадів для води з концентрацією механічних домішок:

5 г/л - досягла 99,1% для води з ПАА через 10 хвилин, у той час як із "Штокополем" вона дорівнювала 98,4% (як без реагентів);

10 г/л - досягла 99,0% для води з ПАА через 60 хвилин, а із "Штокополем" така ж ступінь ущільнення була досягнута лише через 150 хвилин (як із Al₂(SO₄)₃);

15 г/л - досягла 95% для води з ПАА через 30 хвилин, а із "Штокополем" тільки через 60 хвилин відстоювання (як із Al₂(SO₄)₃).

Кінцева вологість осадів після 4-х годин відстоювання була однаково в усіх досліджах і дорівнювала 78,6 - 83,1%.

Таким чином, у результаті порівняльних досліджень встановлено:

1. Дія реагента “Штокополь” виробництва Німеччини на процес освітлення шахтних вод Донбаса відповідає дії ПАА вітчизняного виробництва.
2. Однаковий ефект освітлення води досяг при дозах реагентів: “Штокополь” – 0,2 - 0,4 мг/л, ПАА – 0,6 - 0,1 мг/л та сірчанокислого алюмінію – 40 - 100 мг/л.
3. Ефективність дії реагента “Штокополь” на ступінь ущільнення механічних домішок у шахтних водах при концентрації їх 5, 10 та 15 г/л не перевищує дії ПАА.

ДО ЕКОЛОГІЧНОЇ ПРОГРАМИ РОЗВИТКУ ГІРНИЧОВИДОБУВНОЇ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ

Бузило В.І., Горова А.І., Долинський В.А., Скворцов В.О., Ковров О.С.,
Національний гірничий університет, Дніпропетровськ

Екологічна програма розвитку гірничовидобувної галузі узгоджується з діючими всесвітніми нормативними документами, які ратифіковано Україною, а саме:

- Кіотським протоколом з охорони навколишнього середовища та збереження клімату;
- ідеями, декларованими в Ріо-де-Жанейро головами держав на конференції з глобальних екологічних проблем людства “Програма дій. Порядок денний на 21 століття”;
- 18 законами України та іншими нормативними документами в сфері охорони навколишнього природного середовища.

Ці документи знайшли відображення в стратегії розвитку гірничовидобувної галузі України до 2030 року та концепції сталого розвитку держави.

Теоретичними основами рішення екологічних проблем в гірничовидобувній галузі є наступні положення:

- вчення В.І. Вернадського про біосферу та роль колективного розуму в перетворенні та збереженні природи;
- уявлення про вичерпаність родовищ твердих корисних копалин біогенного походження;
- уявлення про використання біологічних ресурсів в усіх сферах господарчої діяльності та про обмеженості резервів біосфери;
- уявлення про прогресивно зростаючий рівень діяльності людини на природу;
- уявлення про екологічні проблеми людства у взаємодії суспільства та природи, які в зв'язку з деградацією біогенних та абіогенних компонентів біосфери породжують небезпеку для виживання людства;
- уявлення про можливість збереження сприятливих властивостей навколишнього середовища на підставі створення новітніх технологій, що характеризуються високими еколого-економічними і соціальними показниками і сприяють раціональному використанню природних ресурсів.

Основні положення екологічної програми розвитку гірничовидобувної галузі України

Програма орієнтована на розробку фундаментальних междисциплінарних екологічних проблем у гірничовидобувній галузі сумісними зусиллями природничих, технічних та суспільних наук.

Відповідно до основних цілей та очікуваними результатами рішення екологічних проблем у гірничовидобувній галузі передбачає мобілізацію та об'єднання усіх існуючих фундаментальних та прикладних знань, а також всесвітнього досвіду для рішення невід'ємних завдань охорони навколишнього природного середовища в гірничій промисловості, раціонального використання родовищ твердих горючих копалин та інших природних ресурсів, мінімізація негативного впливу вугільної промисловості на біоту та здоров'я населення теперішніх та майбутніх поколінь.

Виявляючи головні напрямки екологічних досліджень у гірничовидобувній галузі, доцільно виділити наступні пріоритетні проблеми (блоки програми).

1. Формування екологічних основ освоєння нових родовищ корисних копалин.

1.1. Розробка методології оцінки ресурсного потенціалу та ефективності освоєння нових родовищ корисних копалин, враховуючи екологічну складову видобутку та переробки мінеральної сировини.

1.2. Пошук принципово нових безвідходних, маловідходних, ресурсозберігаючих та средозберігаючих методів видобутку, збагачення і брикетування вугілля та засобів утилізації відходів, що забезпечує збереження ресурсо- і середовідтворюючих здібностей природних систем.

1.3. Виявлення перспективних напрямків зменшення енерго-, матеріало- і водоемкості у гірничій промисловості та комплексного використання корисних копалин.

1.4. Розробка і забезпечення екологічних нормативів щодо конструкції нової техніки і технології.

1.5. Розробка комплексу технологій, методик та технологічних засобів для оцінки екологічної безпеки гірничої техніки при її експлуатації.

1.6. Проектування таких робочих потужностей родовищ корисних копалин, що освоюються, які б не перевищували нормативне навантаження на навколишнє природне середовище та здоров'я населення.

2. Формування наукових основ екологізації діючих гірничих виробництв.

Враховуючи негативний вплив на навколишнє природне середовище і застарілі технології у гірничовидобувній галузі, стратегічними є пріоритетні напрямки на збереження життєвих властивостей біосфери і усунення прогресуючого забруднення навколишнього середовища, яке негативно впливає на здоров'я людини.

2.1. Розробка наукових основ раціональної перебудови галузі, які направлені на створення безвідходної технології, що забезпечує високу якість і темпи росту гірничого виробництва та виключення негативного впливу на природу та здоров'я людини.

2.2. Формування наукових основ та проведення поглибленого екологічного аудиту на всіх гірничих комплексах України, а також розробка на цій основі екологоорієнтованих критеріїв структурної перебудови галузі.

2.3. Удосконалення нормативно-методичних засобів регулювання викидів забруднюючих речовин гірничої промисловості у природні об'єкти.

2.4. Впровадження технологій утилізації метану, що дозволяють використовувати його як джерело енергії, а також забезпечити паралельне очищення шкідливих викидів в атмосферу.

2.4. Розробка та впровадження механізму узгодження допустимих викидів з темпами модернізації технологій і структурної перебудови в гірничій промисловості.

2.5. Розробка комплексної програми впровадження безвідходних та екологічно безпечних технологій.

2.6. Розробка і впровадження мобільної, екологічно небезпечної та малоенергоємної гірничої техніки.

2.7. Розробка заходів щодо запобігання наслідків аварійних ситуацій та їх усунення у місцях з підвищеною щільністю населення.

3. Захист довкілля від забруднення у виробничих зонах гірничих підприємств та на прилеглих територіях.

3.1. Першочергове проведення екологічного аудиту у регіонах гірничої промисловості з визначенням кризових територій та нормативних рівнів забруднення і можливостей їх реального досягнення.

3.2. Розробка наукових підходів, методів та технічних засобів для оцінки забруднення та захисту повітря від забруднення відходами гірничих підприємств та підприємств, які використовують вугільне паливо.

3.3. Розробка наукових підходів, методів та технічних засобів оцінки якості, очищення виробничих стічних вод до необхідного рівня та захисту природних вод від забруднювачів гірничовидобувної промисловості; розробка програм щодо впровадження технологій утилізації осадків виробничих стічних вод.

3.4. Обґрунтування напрямів та господарсько-технологічних заходів для відтворення екологічної функції земельних ресурсів зруйнованих діяльністю гірничих підприємств:

- встановлення рівнів забруднення ґрунтів викидами гірничої промисловості;
- розробка нормативів кризового стану ґрунтів і параметрів екологічної стійкості ландшафтів та районування територій України за їх показниками;
- створення системи спостережень за станом земельних ресурсів та прогнозування екологічних наслідків діяльності гірничої промисловості.

3.5. Розробка інформаційно-довідкової системи даних апаратно-програмного забезпечення автоматизованого управління охороною довкілля.

3.6. Розробка заходів, спрямованих на виведення територій з кризового стану, обумовленого гірничовидобувною промисловістю:

- визначення комплексу рекультиваційних заходів на відпрацьованих гірничих підприємствах для досягнення нормативних рівнів стану довкілля;
- проведення екологічного аудиту з урахуванням зміни структури землекористання рекультивованих земель у напрямі збільшення територій національних природних парків та зон рекреацій.

3.7. Розробка заходів щодо забезпечення захисту населення:

– встановлення рівнів забруднення, які викликають небажані ефекти, та розробка заходів, спрямованих на запобігання виникненню детермінованих ефектів, шляхом зниження рівнів забруднення та ймовірності виникнення віддалених стохастичних медичних наслідків з урахуванням екологічних та соціальних факторів;

– проведення медико-біологічної оцінки екологічного стану території України.

4. *Комплексна оцінка стану довкілля в регіонах закриття нерентабельних гірничих підприємств:*

4.1. Розробка нових підходів екологічної експертизи якості навколишнього середовища в регіонах закриття нерентабельних гірничих підприємств;

4.2. Оцінка генетичного ризику для людини в районах накопичення промислових відходів шахт;

4.3. Пошук та впровадження шляхів вторинного використання поверхневих технологічних комплексів шахт та відпрацьованих підземних виробок з метою:

– підземної гідроенергетики;

– складування токсичних промислових відходів;

– сільськогосподарського використання;

– рекреації;

– створення альтернативних підприємств.

4.4. Забезпечення соціального захисту населення, яке проживає на територіях закриття нерентабельних вугільних шахт;

4.5. Розвиток інших галузей господарства та поліпшення соціальної інфраструктури в регіонах закриття гірничих підприємств.

РЕСУРСОБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ КРЕПЛЕНИИ И ПОДДЕРЖАНИИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Кириченко В.Я., Сугаренко Г.Г., ЗД НПЦ «Геомеханика»

Существуют и используются две формально равноправных группы мероприятий, преследующих конечную цель снижения металлоемкости крепления горных выработок, а также ресурсоемкости в целом по процессу «крепление и поддержание». На практике мероприятия этих двух групп могут применяться и применяются в определенных сочетаниях с преобладанием мероприятий той или иной группы в зависимости от целей и конкретной ситуации, определяющей подход к крепи и оценку степени влияния ее силовых, кинематических и геометрических параметров на устойчивость выработки. Естественным образом такая оценка в первую очередь определяется конкретной геомеханической обстановкой прохождения и эксплуатации выработки в течении всего срока ее поддержания. С другой стороны выбор конкретных технических и технологических мероприятий определяется действующей системой экономических связей, ценовыми соотношениями, уровнем технической оснащенности предприятий-производителей крепи и рядом других соображений «внешнего» характера. При этом конечный технико-экономический результат практического применения выбранных решений не должен находиться в противоречии с эффектом, образующимся в результате достигаемой экономии металла, т.е. последняя, в сущности, не может являться самоцелью.

В соответствии с концептуальным подходом и оценкой роли крепи, первая группа мероприятий направлена на уменьшение веса комплекта, а в качестве мер достижения конечной цели используются «прямые» средства:

1) Минимизируется вес комплекта за счет уменьшения длины нахлестки спецпрофиля в узлах податливости, исключены привариваемые опорные башмаки (диафрагмы), минимизировано количество межрамных стяжек, в основу параметрического ряда конструкций заложен принцип «каждому сечению – свой типоразмер профиля» и т.п. Запас прочности также минимизирован в пределах 1,5 – 1,7 [1].

2) Принят максимально упрощенный тип конструкции крепежной рамы (циркульная двухшарнирная статически неопределимая арка).

3) Производство крепи максимально упрощено и сосредоточено на полуавтоматических линиях, способных осуществлять выпуск единственного типа конструкции (п.2).

4) Технологией выпуска не предусматривается использование горячих процессов (точное литье, горячая штамповка и т.п.), а также электросварки.

Содержание перечисленных мероприятий позволяет сделать вывод о том, что их комплекс базируется на вполне определенной системе взглядов на крепь, рассматривающей последнюю как ограждающую или ограждающе-поддерживающую конструкцию, параметры которой не оказывают сколько-нибудь значительного влияния на смещения породного контура, а результатами силового взаимодействия крепи и вмещающих пород можно пренебречь. В связи с этим находится и введенное в нормативный документ [2] положение, ограничивающее величину зажимного усилия в узлах податливости примерно на уровне 70-80 кН (около 20 кН на каждое резьбовое соединение), учитывающее явно недостаточный запас прочности традиционных конструкций.

Нетрудно видеть, что, во-первых, потенциал первой группы мероприятий (по состоянию на сегодняшний день) практически исчерпан, а во-вторых, представляется очевидным положение, когда реализация мероприятий ведет к ухудшению служебных свойств конструкции крепежной рамы.

Мероприятия второй группы основываются прежде всего на общепризнанной возможности существенного влияния силовых и кинематических параметров крепи на величину конечных смещений породного контура, что предполагает необходимость активного поиска соответствующих технических решений, обеспечивающих повышение значений основных параметров рабочей характеристики и их стабильности на всем интервале конструктивной податливости. Согласно современным представлениям [3], рамные крепи, используемые в тяжелых геомеханических условиях должны иметь рабочее сопротивление до 400 кН на раму и конструктивную податливость на уровне 1000 мм и более. Количество образующих сегментов должно быть не менее 4-х, в узлах податливости должны использоваться замковые соединения, обеспечивающие стабильное зажимное усилие и т.д. Нетрудно убедиться, что этим требованиям не отвечает ни одна из отечественных конструкций, производимых серийно. Вместе с тем, круг условий поддержания выработок, которые могут быть охарактеризованы как тяжелые, непрерывно расширяется в силу естественного увеличения глубины разработки и параллельного вывода из отработки пластов с наиболее благоприятными условиями. Укрупненно можно считать, что в настоящий момент до 70% действующих шахт могут считаться «глубокими» по условиям поддержания. В этих условиях даже в одиночной подготовительной выработке, еще до начала влияния очистной выемки, смещения достигают весьма значительных величин, превышающих величину конструктивной податливости традиционных крепей, а характер нагружения существенным образом изменяется в результате образующихся складчатых структур. Отказы серийных конструкций крепи при этом приобретают массовый характер и являются основной причиной вынужденного сплошного перекрепления выработки зачастую уже через 3-4 месяца после ее проходки.

Полная сметная стоимость проведения 1 пог. метра составляет в настоящее время 2,8 – 4,3 тыс. грн. в зависимости от сечения, а стоимость 1 пог. метра перекрепления с заменой крепи обычно равна или даже превышает указанное значение на 10-30%, стоимость собственно крепи при этом может достигать 40% общих затрат. Отсюда следует, что практически любые реальные затраты, связанные с повышением параметров рабочей характеристики окупаются в случае, если в результате их реализации необходимость перекрепления удастся исключить. В то же время для решения частного вопроса – экономии черных металлов, – появляются новые, достаточно широкие возможности прежде всего за счет использования крепей и отдельных решений с более высоким конструктивным качеством. Поясним сказанное на конкретном примере. Шахтой имени А.Ф. Засядько отрабатывается пласт m_3 в весьма тяжелых геомеханических условиях: глубина до 1350 м, вмещающие породы крепостью 3-4. В условиях использования обычной серийной крепи (КМП-А3-18,3) типичным являлось перекрепление вслед за забоем проходки через 3-4 месяца. В соответствии с требованиями нормативных документов [4] расчетная плотность установки крепежных рам была около 4,2 рам на 1 пог. метр, что было, разумеется, нереальным. Практическая плотность составляла 2 рамы на 1 пог. м и была, с очевидностью, недостаточной. Типичным повреждением крепи является пролом верхняка складчатой структурой, разрыв концов боковых стоек и разрыв

хомутов замковых соединений. Был принят следующий порядок действий, направленных на повышение параметров рабочей характеристики.

Конструкция крепежной рамы была изменена в направлении максимального приближения к эллипсу. Это позволило практически без изменения веса конструкции увеличить несущую способность верхняка («критический элемент») примерно в 2,7 раза за счет увеличения кривизны и уменьшения пролета. На этой основе примерно в 2 раза была повышена величина рабочего сопротивления путем постановки в главных узлах податливости дополнительных замковых соединений (типа АПЗ.070.) с одновременным увеличением нахлестки до 600 мм. Повышенная конструктивная податливость обеспечивалась за счет того, что сопрягались сегменты с одинаковой длиной и уменьшенной кривизной. В целом вес комплекта крепи увеличился по сравнению с обычной на 51 кг, т.к. одновременно количество межрамных стяжек было также увеличено до 4-х. Достаточно длительный и широкий опыт, полученный при применении новой крепи (свыше 26 тыс. комплектов) показал, что главная цель в основном достигнута – необходимость перекрепления удалось исключить. Характер деформаций конструкции, свойственный практике крепления с обычной крепью существенно изменился – провалы верхняка складчатой структурой со стороны кровли не отмечены, а сама структура складки оказалась менее четко выражена. Следующими этапами работы предполагается уменьшение плотности установки до 1,5 рам на 1 пог. метр и дальнейшее совершенствование конструкции. Таким образом, приведенный пример вполне наглядно иллюстрирует не только основное содержание второй группы мероприятий (изменение типа конструкции крепежной рамы, как средства общего улучшения использования прочностных свойств металла в образующих сегментах, повышения рабочего сопротивления и конструктивной податливости), но также свидетельствует о наличии широких возможностей для дальнейшей модернизации новых крепей. Представляются вполне обоснованными следующие направления такой модернизации.

1) Введение в конструкцию новых, более совершенных замковых соединений, обеспечивающих повышенное и стабильное зажимное усилие.

2) Использование более совершенных профилей проката [5].

3) Использование марок стали с более высокими физмехсвойствами.

4) Обоснованное применение технологических приемов, обеспечивающих быстрый ввод крепи в работу с целью наиболее полного использования потенциала рабочей характеристики.

Необходимо подчеркнуть, что каждое из четырех перечисленных направлений модернизации новых конструкций имеет самостоятельное значение, однако, их потенциал в полной мере может быть комплексно реализован именно в рамках второй группы мероприятий, т.е. применительно к выработкам, проводимым и поддерживаемым в тяжелых геомеханических условиях (большие глубины, вынужденное пересечение зон ПГД и т.п.). При этом, по мере того, как эти условия ухудшаются, значимость второй группы мероприятий, также как и направлений модернизации будет непрерывно возрастать. Получаемый эффект от экономии металла образуется при этом не за счет снижения веса комплекта, а за счет снижения металлоемкости крепления 1 пог. метра проводимой выработки в результате использования конструкций с более высокими силовыми и кинематическими характеристиками, т.е. на основе новых технических решений. Одновременно достигается и полный экономический эффект от снижения ресурсоемкости по процессу в целом. Совершенно очевидно, что значимость такого фактора, как вес комплекта, отстает при этом на второй план, прежде всего потому, что увеличение веса комплекта происходит в принципе значительно медленнее, чем достигаемое в результате приращение параметров рабочей характеристики. Следует также иметь в виду то обстоятельство, что действовавшее в старой системе хозяйствования серьезное ограничение в форме жесткого фондирования металла в настоящее время упразднено, а вопрос о целесообразности использования более качественных сталей решается исключительно на основе складывающихся на конкретный момент ценовых соотношений.

Необходимо отметить также третий, весьма существенный источник, формирования полного экономического эффекта, не учитываемый в отечественной практике. Известно, что высокая нагрузка на очистной забой непосредственно зависит от состояния сечения выработки на уровне окна лавы, что позволяет значительно упростить организацию труда на сопряжениях за счет выноса приводов забойного конвейера и отказа от подготовки машинных ниш.

Тем самым из себестоимости 1 т по лаве исключаются соответствующие статьи затрат, а нагрузка на лаву существенно повышена, что также имеет следствием общее снижение себестоимо-

сти. Например, повышение нагрузки на лаву с 2,0 – 2,5 тыс. т, что является пределом при обычной технологии, до 4,0 – 5,0 тыс. т при безнишевой дает снижение себестоимости примерно на 40%. Значимость такого фактора отмечается в зарубежных публикациях на вполне конкретных примерах [6]. Показано, в частности, что при этом вполне окупаются достаточно высокие затраты, связанные с реализацией таких мероприятий, как дополнительное анкерование крепи при проходке и полный тампонаж закрепного пространства.

Таким образом, в рамках нового концептуального подхода к проблеме ресурсосбережения при креплении и поддержании подготовительных выработок следует учитывать три формирующих конечный эффект момента: прямое снижение металлоемкости крепления 1 пог. метра проводимой выработки, достигаемое на основе использования технических средств крепления с более высокими силовыми и кинематическими характеристиками, достигаемое на этой же основе сокращение затрат на поддержание и ремонт, а также возможности значительного увеличения нагрузки на лаву.

Предложения.

Создать рамные крепи нового технического уровня с повышенными значениями параметров рабочего сопротивления - 300 – 500 кН на раму и конструктивной податливостью – до 1000 мм и более, без существенного увеличения веса комплекта.

Создать замковые соединения, обеспечивающие заданные значения рабочего сопротивления и его стабильность на всем интервале конструктивной податливости.

Имеющийся на сегодняшний день научно-технический задел и опыт применения экспериментальных конструкций с использованием новых решений позволяет считать, что переход к стадии массового внедрения таких крепей может быть осуществлен в течение 1,5 – 2-х лет.

Экономический эффект при внедрении в объемах, охватывающих области применения новых технических решений за счет снижения металлоемкости крепления 1 пог. метра и сокращения затрат на ремонт, в масштабах отрасли составит не менее 200 млн. грн. в год.

Библиографические ссылки

1. Сытник А.А., Зигель Ф.С., Компанец В.Ф., Поляковский В.С. Рамные крепи горных выработок. Госуглепром Украины, ДонУГИ, ЦБНТИ, Донецк, 1992.– С. 2.
2. Отраслевая инструкция по применению рамных и анкерных крепей в подготовительных выработках угольных и сланцевых шахт.- М., ИГД им. Скочинского, 1985.– С. 145.
3. Международная конференция по горному давлению. Материалы комиссии СЭВ по углю. – М.: Недра, 1985. –С. 67-68.
4. Инструкция по выбору рамных податливых крепей горных выработок. С.Петербург, ВНИМИ, 1991. – разд. III.– С. 13-14.
5. М.Б. Луцкий, В.Я. Кириченко, В.А. Луценко, К.М. Козлов. Новый профиль для крепи горных выработок. Seria Wyklady nr. 21 Szkoły Eksploatacji Podziemnej 2002.– S. 363-368.
6. Теньес Б., Фосс Х.В., Мельман В. Штрек с комбинированной крепью на шахте «Эвальд-Хуго» //Глюкауф. – 2001.– № 1-2. – С. 28-35.

УДК 621: 669.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРЁХМЕРНОЙ ГРАФИКИ ПРИ РЕСУРСОЦЕНКЕ НАДЁЖНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ ДЕТАЛЕЙ АГРЕГАТОВ ГОРНО – МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Костыря В.Ю., Долженков И.Е., Деревянко С.А., Костыря Ю.Ф., Кравченко Л.,
Национальная металлургическая академия Украины, Днепрпетровск

Эффективная эксплуатация агрегатов отечественного Горно–металлургического комплекса в повседневной реальности характеризуется высокой динамикой, массированным применением практических приложений научно–информационных потоков и постоянной необходимостью ресурсооценки и структурной стабильности металлоизделий. Надёжность эксплуатации при этом включает так же информационно–логический процесс принятия оперативных решений по оценке, ремонту или конвертации дефектируемых деталей. Всё это увеличивает информационную нагрузку

ку на специалистов–технологов, требуя от них быстродействующего привлечения информации и практических навыков по смежным специальностям.

Использование традиционных методов оценки надёжности металлургического оборудования во многом малотехнологично из-за наложения многочисленных критериальных оценок, отметок и формуляров составных частей металлургического оборудования, а также материалов, из которых они изготовлены. Кроме того варьирование геометрических размеров металлоизделий вследствие неизбежных погрешностей в технологиях структурной обработки – существенно искажает адекватность восприятия и оценки информации. И это не позволяет в условиях дефицита времени на принятие решений сконцентрировать внимание специалиста–индивида на наиболее важном – обобщённом анализе и оценке структурных параметров [1] тестируемого материала (и, как следствие, – изготовленных из него деталей металлургических агрегатов) Поэтому возникла необходимость в качественно новых методах ресурсооценки изделий, совмещающих в себе, наряду с высокой информативностью, простоту и наглядность восприятия.

С целью определения путей решения подобных задач, возникающих при эксплуатации современных металлургических агрегатов, кафедрой Термической обработки металлов и научно–исследовательской лабораторией «Неорганические тугоплавкие материалы на основе продуктов электровосстановительной плавки алюминий содержащего сырья» Национальной металлургической академии Украины были проведены комплексные исследования по применению новых компьютерных технологий пространственного моделирования и трёхмерной графики как при разработке и технологической оценке новых материалов[1], так и при ресурсооценке существующих (эксплуатирующихся) материалов и механизмов. Экспериментальные исследования проводились на ЭВМ типа IBM “Pentium“ с использованием банка данных по материалам и комплектующим деталям машин и механизмов [2, 3] при помощи прикладных программных пакетов “Orqin-Orqin 5.0”, “Solid Works, “Exell” и авторских разработок.

Основной целью исследования является секвестрирующий анализ информации о тестируемых изделиях, с последующей разработкой комплексных алгоритмов ресурсооценки, а также определение возможности использования ЭВМ–технологий в составе производственных обучающих комплексов. Систематизация накопленной информации позволит создать на предприятиях компьютерную сеть, позволяющую проводить плановую техническую оценку различных деталей. Оператор такой системы (начальник сектора ремонта, сотрудник НТЦ или ОТК) при помощи инструментальных и сервисных средств может разрабатывать автоматизированные решения по эксплуатации или конвертации металлоизделий.

Применение трёхмерной графики позволяет вывести системы автоматизированной ресурсооценки на качественно новый уровень. Это связано с двумя факторами: повышением наглядности объёмного изображения тестируемой детали (как после изготовления, так и после какого–либо периода эксплуатации), как таковой, и возможностью решения задач ресурсооценки и конвертирующей структурной обработки в более наглядной форме. Повышение наглядности ресурсооценки металлоизделия достигается за счёт визуального разделения детали на характеристические рабочие слои (рис. 1) с возможностями изменения геометрии эксплуатируемого изделия; химический состав и параметры структурной обработки; возможные варианты изменения конструкции тестируемого изделия, заложенные в банк патентных исследований. Решение ряда задач, возникающих при ресурсооценке, упрощается при формировании на экране ЭВМ объёмных зон эксплуатационного воздействия (структурно-геометрических изменений).

Анализ информации о дефектонасыщенности тестируемых металлоизделий, поступающей с производственных участков, позволяет с достаточно высокой достоверностью определить «степень поражённости» детали эксплуатационными дефектами, и спрогнозировать её остаточный ресурс. В результате, по одному из типовых представителей детали металлургических агрегатов могут быть проранжированны по степени дефектонасыщенности и эксплуатационной повреждаемости, – в функции от параметров их структурной обработки. При непрерывной работе металлургических агрегатов (конверторы, доменные печи, мартены, агрегаты для термической и термомеханической обработок) возрастает и опасность эксплуатационной повреждаемости их деталей. В этом случае существенно повысить возможность оператора по восприятию потока информации позволяют алгоритмы группирования (укрупнения) дефектов. Группа эксплуатационных дефектов рассматривается как единичный элемент текущего запаса конструктивной прочности детали при ус-

ловии выполнении ею единой функциональной зависимости в оптимальном диапазоне эксплуатационных нагрузок. Так, например, группы субмикротещин, консолидированных участков механико-химически легированной структуры, микросколы, области разнотекстурности представляются на индикаторе ЭВМ как укрупнённые отметки соответствующих типов.

В процессе ресурсооценки тестируемых металлоизделий и при принятии решений оператор должен учитывать и использовать резервы структурного состояния металлоизделий, особенно при возможной конвертации деталей. Отсюда следует необходимость совмещения изображения тестируемого металлоизделия и его структурного состояния (исходного – в состоянии поставки, и изменения в процессе эксплуатации) с использованием рельефного (трёхмерного) изображения.

Сфера применения трёхмерной компьютерной графики не ограничивается исключительно системами изображения. Ещё одним направлением совместных исследований стало создание интерактивной оболочки для работы с документацией по оценке технологичности металлоизделий. Известно, что объём документации по сложной технической системе, которой является любая деталь металлургического оборудования, требует высокой (специализированной) подготовки обслуживающего персонала, детального знания теоретических принципов работы системы, её морфологии и архитектуры, назначения и устройства отдельных ингредиентов. При изучении специализированной документации основной и наиболее сложной задачей является усвоение некоторой общей функциональной модели, располагая которой можно легко ориентироваться в описаниях отдельных металлоизделий, материалов и их структурных обработок. Отсутствие такой модели приводит к трудностям связывания в единое целое отрывочных сведений об отдельных признаках и функциональных критериях оценки деталей, узлов, агрегатов и материалов. Поэтому в основу метода интерактивного представления документации были положены следующие принципы:

Во-первых, пользователь в любой момент времени должен знать в какой «части» системы он находится;

Во-вторых, навигация по материалам должна быть одинаково простой как при переходе от общего к частному (вертикальный переход), так и при перемещении между равнозначными элементами (горизонтальный, межмодульный переход).

Интерпретация технической документации на ЭВМ можно представить следующим образом, пригодным для качественной ресурсооценки металлоизделия. В правой части экрана расположатся закладки для перехода к данным банка информации о геометрии изделия, материале из которого оно изготовлено, НТД эксплуатации, параметрах структурной обработки и множестве патентных решений по вопросам улучшения конструкции или оптимальности выбора материала. Большую часть экрана должна занимать пространственная модель металлоизделия, включающая собственно тестируемое изделие и, представленные в оболочко-абстрактной форме, приборы для контроля параметров и свойств объекта исследования. Пользователь имеет возможность выделить «мышью» интересующий его прибор. При этом в отдельное подокно может быть выведена информация о параметрах, которые определяются при помощи соответствующего прибора. Например: параметры структуры, соотношение фаз, балл зерна, балл зернистости перлита, карбидная сетка, неметаллические включения, фаза-упрочнитель, морфология структурных особенностей. Или «машина для механических испытаний: σ_b , σ_T , A_p , $\sigma_{0.2}$, $\sigma_{сж}$ » и т.д. Характеристические данные параметризации металлоизделия кроме текста могут включать, при необходимости, графическую или объёмную информацию [4]. Пример описания отдельного металлоизделия сформирован по блочно-иерархическому принципу. Стенки корпуса блоков «полупрозрачны», в зависимости от необходимости пользователь может «разобрать» изделие на отдельные, определяющие его эксплуатационную надёжность в конкретных условиях, характеристические модули. В дополнение к информации о изменении геометрии изделия в процессе эксплуатации на экран ЭВМ целесообразно выведение зон критических параметров службы тестируемой детали. Изображение элементов, дефектов и характеристических параметров на индикаторе соответствует их типам, что существенно облегчает восприятие.

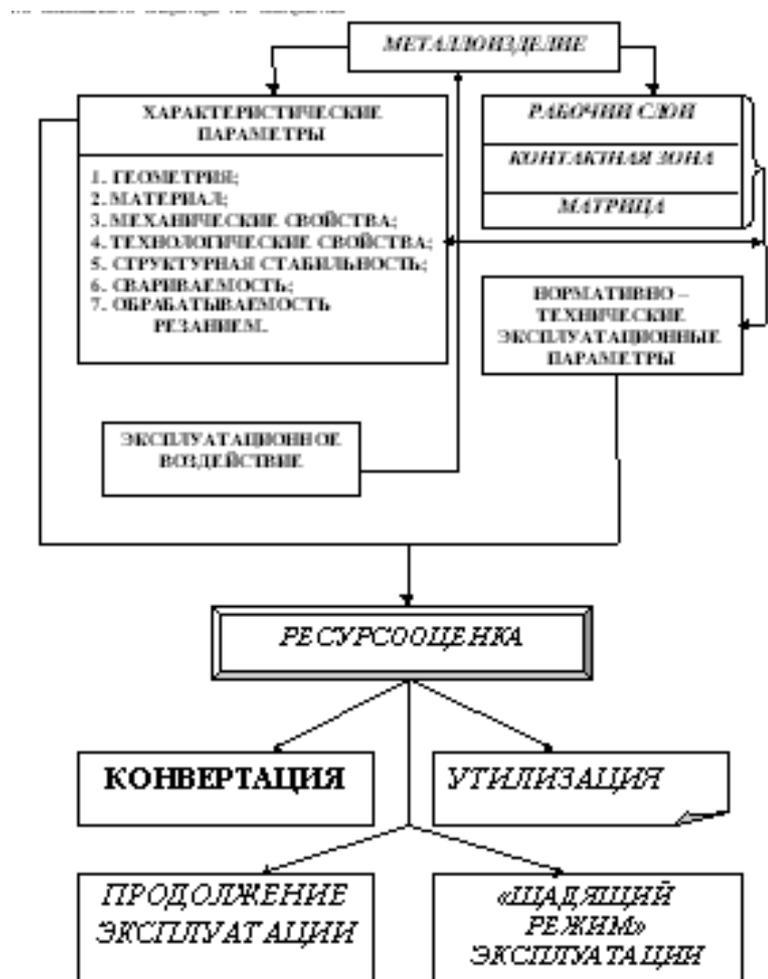


Рис. 1. Интегральная схема дискретной ресурсооценки металлоизделий (применительно к агрегатам Горно-металлургического комплекса)

Результаты, полученные при разработке системы интерактивного представления технической документации, позволяет использовать методы компьютерного моделирования при оценке надёжности и долговечности металлоизделий с использованием стандартных методик [1,5,6], но с большей технологичностью и эффективностью. Перспективным являются также использование ЭВМ в производственно-обучающих комплексах ВУЗов и металлургических предприятий.

Библиографические ссылки

1. Костыря В.Ю., Долженков И.Е. Структура и ресурс трибокомпозигов. Прикладная модель оптимизации. // Металлургическая и горнорудная промышленность.-2001.-№4.-С.43-46.
2. Костыря В.Ю., Калиновский С.К. Структурное состояние конструкционных машиностроительных материалов как функция их «жизнестойкости». // Металлознавство та термічна обробка металів.-2000.-№3.-С.30-37.
3. Калиновский С.К., Костыря В.Ю., Новгородова А.Г. Базовая классификация машиностроительных материалов. // Металлургическая и горнорудная промышленность.-2001.-№1.-С.50-51.
4. Програмно-аппаратный комплекс по количественному анализу микроструктур. / Карнаух А.И., Клименко А.П. // Сборник научных трудов ПГАСиА.-2001.-№12.-С.130.
5. Рыжёв Э.В. Контактная жёсткость деталей машиностроения.-М.: Машиностроение, 1966. – 193 с.
6. Металловедение и термическая обработка стали и чугуна. Справ. изд. / Под. ред. Н.Т. Гудцова.-М.: Металлургиздат, 1956.-1024 с.

КОНТРОЛЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ОЧИСТНЫХ ЗАБОЯХ, ОБОРУДОВАННЫХ ЩИТОВЫМИ АГРЕГАТАМИ, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗВУКОУЛАВЛИВАЮЩЕЙ АППАРАТУРЫ

Пивень Ю.А., Доронин А.Д., Пушной П.И., Гончаров А.Д.

Викладено принцип контролю технологічних процесів в очисних вибоях, обладнаних щитовими агрегатами, при розробці крутих вугільних пластів у незахищеній зоні без виконання противикидних заходів. Показано принципову можливість здійснювати: безпосередній контроль виконуваних технологічних операцій в очисному вибої; двосторонній телефонний зв'язок машиніста щитового агрегату й оператора служби сейсмопрогнозу; дистанційне відключення конвеєроструга оператором служби сейсмопрогнозу.

The principle of monitoring of technological processes in stopes arranged with shield aggregates is explained at mining steep coal seams in the unprotected zone without execution of special measures. The basic opportunity is shown to realise: immediate monitoring of executable technological operations in stope; bilateral telephone link between machinist of a shield aggregate and human controller of a service of the seismic forecast; remote cutting off of an aggregate by a human controller of a service of the seismic forecast

Изложен принцип контроля технологических процессов в щитовых забоях при разработке крутых угольных пластов.

Действующей «Инструкцией по безопасному ведению горных работ на пластах, опасных по внезапным выбросам угля...»[1] предусмотрена регламентация последовательности выполнения технологических процессов в очистных забоях, оборудованных щитовыми агрегатами, при разработке крутых выбросоопасных угольных пластов в незащищенной зоне без выполнения противовыбросных мероприятий.

Наряду с этим, после ряда аварий, происшедших на шахтах Центрального района Донбасса в щитовых забоях, был введен контроль последовательности выполнения технологических процессов с оперативной остановкой работ в случае ее нарушения.

Однако, выполненный анализ осуществления контроля технологических процессов с использованием звукоулавливающей аппаратуры показал, что этот контроль на многих шахтах проводится не качественно.

Во-первых, поступающая сейсмоакустическая информация с участка не достоверна из-за некачественной установки сеймопередатчика и не дает полного представления о выполняемых технологических процессах.

Во-вторых, шахтные службы прогноза, контролирующие исполнение графика организации работ, не располагают оперативными данными положения, которое сложилось в данный момент в очистном забое (наряд работ на смену, состояние и местонахождение агрегата и др.).

И в третьих, оператор шахтной службы прогноза не может дистанционно отключить выемочную машину (конвейероструг) в случае явного нарушения графика организации работ или регламентации последовательности выполнения технологических процессов в очистном забое.

Указанные причины низкой надежности контроля графика организации работ не обеспечивают достаточный уровень безопасности, о чем свидетельствуют обстоятельства аварий в щитовых забоях, связанных с быстропотекающими разрушениями призабойной части угольного пласта (газодинамические явления), которые имели место в 2001 году на шахтах им. А.И. Гаевого (пласт k51 «Подпятюк» гор. 860 м) и им. Карла Маркса (пласт k3 «Дерезовка» гор. 875 м).

Поэтому предлагается оборудовать все участки со щитовой технологией выемки угля на незащищенных выбросоопасных угольных пластах сейсмоакустической аппаратурой для ведения текущего прогноза выбросоопасности и оперативного контроля за технологическими процессами, для чего предусмотреть (рис. 1):

- непосредственный контроль выполняемых технологических процессов в очистном забое и, в первую очередь, процессов, связанных с выемкой угля;
- двухстороннюю телефонную связь машиниста щитового агрегата и оператора службы сейсмопрогноза;

· систему дистанционного отключения конвейероструга оператором службы сеймопрогноза.

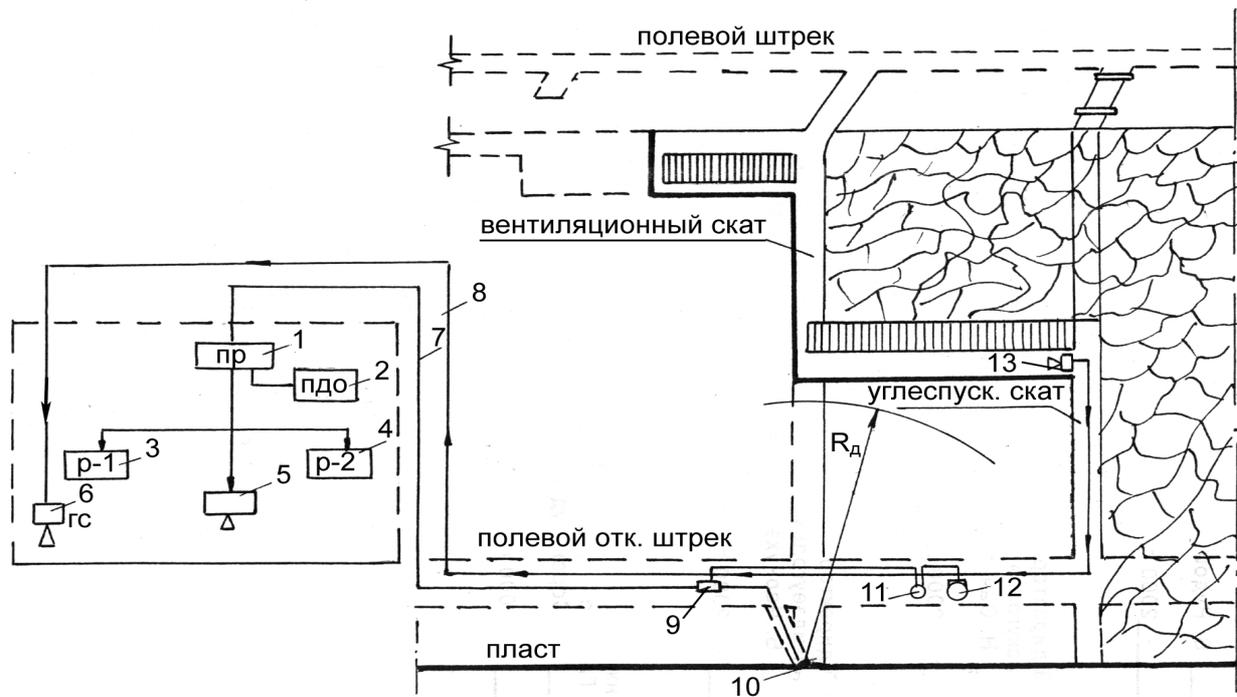


Рис. 1. Контроль технологических процессов в очистных забоях оборудованных щитовыми агрегатами:

1 – приемный блок; 2 – пульт дистанционного отключения; 3, 4 – регистраторы; 5 – динамик; 6, 13 – аппарат громкоговорящей связи; 7 – линия связи аппаратуры ЗУА; 8 – линия громкоговорящей связи; 9 – тройник; 10 – переводчик; 11 – аппарат дистанционного отключения; 12 – магнитный пускатель конвейероструга

В комплексе эти требования нашли отражение в нормативном отраслевом документе «Руководство по контролю за последовательностью выполнения технологических процессов...» [2].

Причем, на наш взгляд, следует уделить главное внимание вопросу размещения сеймомодатчика на участке и состоянию линий связи звукоулавливающей аппаратуры, а также использовать применяемые средства для реализации оперативного управления интенсивностью выемки угля.

Это позволит повысить эффективность и безопасность работ в щитовых забоях.

Библиографические ссылки

1. Инструкция по безопасному ведению горных работ на пластах, опасных по внезапным выбросам угля, породы и газа: Утв. Минуглепромом СССР и Госнадзорхрантруда СССР 18.04.89: Срок действия установлен с 01.05.89. Министерство угольной промышленности СССР.
2. Временное руководство по контролю за последовательностью выполнения технологических процессов и оперативному воздействию на выемочные машины в очистных забоях, оборудованных щитовыми агрегатами с использованием звукоулавливающей аппаратуры: Утв. Главным управлением по чрезвычайным ситуациям и охране труда 10.02.2002: Срок действия установлен с 01.03.2002 по 01.01.2005 г./ Министерство топлива и энергетики Украины.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ И ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ КОМБИНИРОВАННОЙ ЗАБОЙКИ ПРИ ВЕДЕНИИ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ

Борисенко Э.В., Могунов С.Г., Пилютин В.В., Теросипов В.М.

В практике ведения буровзрывных работ используется широкий спектр средств внутренней забойки шпуров. Известно, что качество внутренней забойки шпуров, прежде всего, зависит от применяемого забоечного материала. Специальными исследованиями, выполненными отечественными и зарубежными учеными установлено, что величина сопротивления, приходящегося на единицу площади поперечного сечения забойки одинаковой длины, но изготовленной из различных материалов, изменяется в широких пределах. Поэтому правильный выбор материала забойки имеет для конкретных условий ведения взрывных работ большое практическое значение. Основными требованиями, предъявляемыми к забоечным материалам, являются: обеспечение высокой эффективности взрыва; удобство в обращении; возможность механизации работ по забойке, а также низкая стоимость.

В большинстве случаев при ведении взрывных работ в настоящее время наиболее часто используют глину, суглинки или искусственно приготовленную песчано-глинистую смесь из-за их хорошей пластичности и дешевизны в качестве забоечного материала. Однако осуществление такой забойки имеет большую трудоемкость, связанную с отсутствием механизации данного технологического процесса. Это привело к поискам новых более эффективных видов забоечных материалов. Недостаточная теоретическая обоснованность влияния забойки в процессе взрывного разрушения горных пород и сейчас еще не позволяет решить вопрос о выборе наиболее подходящих материалов для забойки с учетом всех горно-технологических факторов. Именно поэтому применение на первый взгляд прогрессивного вида забойки часто не обеспечивает улучшения показателей взрыва. Например, использование вместо песчано-глинистой забойки деревянных пробок не только не давало сколько-нибудь заметного улучшения эффективности взрыва, но и значительно ухудшало санитарно-гигиенические условия труда шахтеров, так как в рудничной атмосфере в 1,4-2,5 раза [1] увеличилось содержание окислов азота, образующихся при взрыве. Не совсем удачным оказался также и опыт использования в качестве забоечного материала быстротвердеющих вяжущих веществ.

По физико-механическим свойствам и характеру сопротивления, препятствующему истечению из шпура газообразных продуктов детонации, все используемые в настоящее время типы забойки можно сгруппировать следующим образом.

Забойка из пластичных материалов (глиняная, песчано-глинистая и забойка из суглинков). Сопротивление выталкивающему действию продуктов детонации такая забойка оказывает за счет совместного действия инерции покоя массы забойки, сил трения и сил внутреннего сцепления забоечного материала.

Забойка из сыпучих материалов (песчаная и забойка из гранулированного доменного шлака). Поскольку силы сцепления между частицами сыпучих материалов отсутствуют, забойка оказывает сопротивление продуктам детонации только за счет инерции своей массы и сил трения. Последние обеспечивают весьма надежную герметизацию зарядной камеры.

Жидкостная забойка. Она имеет две разновидности: полную заливку шпуров водой и использование наполненных водой или растворами смачивателей пластиковых ампул. В последнем случае устье шпуров частично забивают песчано-глинистой забойкой.

Сюда же относится и забойка из текучих материалов (пульпы из породной пыли или буровой мелочи и пасты). По сопротивлению, оказываемому продуктам детонации, забойка этого типа занимает промежуточное положение между забойками из пластичных и жидких материалов.

Забойка шпуров пробками из твердых материалов (дерева, пластмассы). Удержание продуктов детонации в зарядной камере при такой забойке осуществляется в основном за счет расклинивания пробок в устьях шпуров. К этому типу забойки можно отнести также забойку из минеральной ваты.

Забойка шпуров растворами быстротвердеющих вяжущих веществ. Такая забойка оказывает сопротивление выталкивающему действию продуктов детонации главным образом за счет сил

сцепления забоечного материала со стенками шпура, инерции покоя массы забойки и частично за счет сил трения.

Обобщив технологические особенности и, анализируя опыт применения указанных способов забойки шпуров, отметим, что:

- наибольшее распространение получила пластичная забойка из-за своей дешевизны и как не требующая использования сложных механизмов для ее изготовления;
- наибольшая эффективность использования взрывчатых веществ достигается при использовании в качестве забойки зернистых материалов и быстротвердеющих веществ;
- при применении вышеуказанных типов забойки шпуров высокий коэффициент использования шпура (КИШ) достигается при длине забойки соизмеримой с длиной заряда;
- применение забойки из зернистого материала в горизонтальных выработках затруднено, из-за отсутствия высокопроизводительного оборудования для введения забоечного материала в шпур;
- введение в состав забойки патронированной воды не только повышает эффективность взрывания, но также повышает безопасность ведения взрывных работ и снижает уровень пыли в рудничной атмосфере;
- наличие в составе забойки ингибиторных веществ (в том числе раствора NaCl) снижает выброс в рудничную атмосферу ядовитых продуктов детонации.

Таким образом, все изложенные средства забойки шпуров имеют определенные технологические недостатки, что обуславливает необходимость создания комбинированной забойки, которой были бы присущи все положительные качества известных средств, а также простота и высокая эффективность при зарядании в шпуры под различными углами наклона их к горизонту.

Наиболее полно современным требованиям ведения взрывных работ отвечает комбинированная патронированная забойка разработанная и мелкосерийно выпускаемая ООО «Спецполимерстрой» [2]. Конструктивно забойка-герметизатор (рис. 1) представляет собой цилиндр диаметром 38-39 мм и длиной 300 мм, конструктивно состоящей из эластичных оболочек заполненных зернистым материалом. Внутренняя оболочка заполнена поваренной солью. Во внутреннюю оболочку герметично вмонтирован обратный клапан, через который производится закачка воды под давлением 6-8 атм, за счет чего достигается статическое сопротивление забойки на сдвиг порядка 1000-1400 кГ.

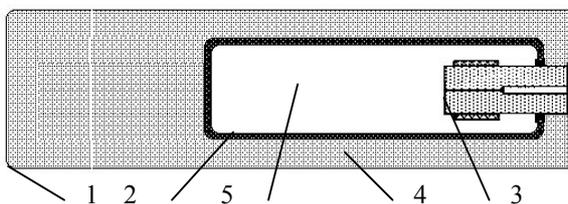


Рис. 1. Общий вид забойки-герметизатора: 1 – наружная оболочка; 2 – внутренняя ампула; 3 – обратный клапан; 4 – зернистый материал; 5 – поваренная соль

Испытания, проводимые на ряде шахт Донецкой области (испытания забойки-герметизатора разрешены Территориальным управлением по надзору за охраной труда по Донецкой области письмом №01/685 от 11.08.2000 года) показали положительные результаты, в том числе удается снизить себестоимость буровзрывных работ на 20-25%, причем на более прочных породах эффективность увеличивается. Одновременно были внесены конструктивные доработки.

В период с 05 по 30 ноября 2001 года в забое 10 восточного конвейерного штрека пл. к₈ АП «шахта им. Засядько» производилось испытание забойки-герметизатора. Испытание данного вида забойки показали положительный эффект ее применения.

Так удалось снизить количество шпуровых зарядов с 93-х, предусмотренных паспортом, до 83-х, и соответственно снизить расход аммонита Т19 на 9,0 кг и электродетонаторов на 10 шт. (11%) на цикл взрывания;

- коэффициент использования шпуров составил 0,97-1,0;
- в орбитой горной массе не выявлено крупных кусков песчаника, фракция средняя;
- сокращается время и расход буровых резцов на бурение шпуров соответственно и время полного цикла проходки;
- исключена необходимость использования высокооплачиваемого труда проходчиков для изго-

товления вручную глино-песчаных пыжей для запыжовки.

В заключении отметим что, в состав забойки-герметизатора входит раствор поваренной соли, который является ингибитором, чем повышается безопасность взрывных работ.

Библиографические ссылки

1. Миндели Э.О., Демчук П.А., Александров В.Е. Забойка шпуров. - М.: Недра, 1967. – 152 с.
2. Пат. 33734А Україна, МПК 6F 42D 1/08 Пілютін В.В., Могунов С.Г. Амбула - герметизатор для забивки шпурів і свердловин, від 15.02.2001

УДК622.8.051

НАПРАВЛЕННОЕ ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ УГЛЯ ГИДРОВОЗДЕЙСТВИЕМ В ЗОНАХ ВЕДЕНИЯ БВР

Гребенкин С.С., Артамонов В.Н., Кузык И.Н., Керкез С.Д.,
Донецкий национальный технический университет, Украина

Одним из комплексных мероприятий по борьбе с вредностями в шахтах следует считать увлажнение угольных пластов [1]. К опасным проявлениям в этом случае следует отнести: пылеобразование, газовыделение, проявления горного давления, опасность пластов по внезапным выбросам угля и газа. Исследованиями, проведенными ведущими учеными, подтверждается возможность управления прочностными и компрессионными свойствами углей с целью уменьшения газовыделения, пылеобразования, проявления выбросоопасных свойств, перераспределение горного давления в зонах ведения горных работ [2]. Буровзрывные работы – неотъемлемая часть технологических процессов в очистных и подготовительных забоях.

Взрывные работы отличаются своей повышенной опасностью, так как связаны с применением чувствительных к внешним воздействиям средств взрывания, взрывчатых веществ и выделением при взрывании большого количества ядовитых вредных газов [3].

Существующая технология и техника ведения БВР не исключает возможности загазирования, взрывов метана и угольной пыли, что приводит к большому числу несчастных случаев с тяжелым и смертельным исходом. Образование при БВР большого количества пыли и газообразных продуктов химического разложения ВВ представляет опасность общего отравления организма и способствует профессиональным заболеваниям горнорабочих.

Ведение взрывных работ следует рассматривать как систему совокупности процессов, объединенных взаимодействием среды и ВВ. Анализ этой системы позволит обеспечить удовлетворение требований по созданию безопасных и эффективных условий ведения взрывных работ. Особо следует отметить, что БВР выполняются при подготовке ниш на краевых участках очистных забоев в 25-30% случаев (данные по ГХК «Донуголь»).

В этих случаях процесс выемки ниш включает: бурение шпуров, зарядку ВВ и средствами взрывания, взрывание, оформление ниш и возведение крепи. Все вышеперечисленные процессы сопровождаются повышенным пылеобразованием и газовыделением. Интенсивное метановыделение происходит как из разрабатываемого пласта, так и отбитого угля, а взрывание ВВ и ВМ приводит к выделению ядовитых газов. Наличие ядовитых газов является особо опасным фактором и требует особых мер при проветривании призабойного пространства [3]. Исследования проф., д.т.н. Ярембаша И.Ф. позволили обосновать гипотезу преобладающего влияния крепости пород и скорости их разрушения на количество образующихся газов. Идея этих исследований – использование полезной формы механической работы химического превращения ВВ с учетом свойств окружающей заряд среды и технологических параметров буровзрывных работ для снижения газовой ВВ. В этом случае продукты взрыва выделяются не только в атмосферу, но и захватываются отбитой массой, сорбируются пылью и попадают в трещины законтурного массива.

Теоретические и экспериментальные исследования, проведенные Донецким национальным техническим университетом (ДПИ) в течении последних лет показали, что при определенных условиях обработки угольных пластов водными растворами поверхностно-активных веществ можно достичь такого увлажнения, когда вода проникает к микропорам и это приводит к максимальному эффекту гидровоздействия [1,2]. При этом, существенно снижается проявление вредностей при

разработке угольных пластов – снижается газовыделение, уменьшается пылеобразование, происходит перераспределение горного давления за счет изменения прочностных свойств угля [4].

Управление прочностью угля путем низконапорного нагнетания в пласт водных растворов ПАВ приводит к формированию увлажненной зоны угольного массива, подготовленной для ведения технологических операций, в том числе и буровзрывных работ [5]. При таком режиме нагнетания происходит следующее:

- образуется дополнительная система микротрещин и происходит как частичное вытеснение газа, так и его изоляция в субмакропорах и микропорах, в конечном итоге теряется способность газа к выделению даже при мельчайшем разрушении;
- происходит связывание пыли, образующейся при разрушении угля (выемке, транспортировке);
- изменяются механические свойства угля в сторону увеличения пластических и уменьшения прочностных характеристик, что приводит к перераспределению напряжений вокруг и впереди выработки, зона повышенных напряжений перемещается вглубь массива;
- происходит адсорбционное понижение прочности на поверхности трещин и растворение солей минеральных включений (обменная и молекулярная адсорбция), приводящее к ослаблению угольного пласта и снижению энергоемкости его выемки, снижение уровня концентрации напряжений и неравномерности их распределения.

На основании исследований ДонНТУ на ряде шахт разработаны и внедрены мероприятия по повышению эффективности низконапорного увлажнения в зонах влияния горных выработок и очистных забоев [6].

Проведение увлажнения поэтапно при переменной длине скважин с использованием перемещения максимума опорного давления (автонагнетания) позволяет повысить эффективность нагнетательных скважин в 2..5 раз, увеличить приемистость скважин, снизить сопротивление угольного массива нагнетанию воды и изменить его фильтрационные характеристики [3].

К настоящему времени установлено влияние изменения физико-механических свойств угля краевой части, подверженной увлажнению, на напряженное состояние прилегающей к горной выработке части массива и характер геомеханических процессов в массиве [4,5].

При уменьшении предела прочности угля на одноосное сжатие на 10% происходит перемещение максимума опорного давления от выработки вглубь массива на 12-14%.

Ведение БВР в увлажненной зоне может привести к существенному изменению их параметров и времени выполнения отдельных операций (в частности – время отводимое на бурение шпуров), повысив при этом эффективность самого взрыва. Особо следует отметить роль увлажнения в снижении выделения ядовитых газов, образующихся при БВР и адсорбирующихся на поверхности разрушенного угля за счет образования поверхностных пленок растворов ПАВ.

Преимущества данного метода увлажнения могут быть реализованы при условии равномерности увлажнения в зонах ведения технологических операций. Лабораторные исследования, направленные на определение оптимальной добавки ПАВ к воде в зонах ведения БВР показали, что при этом наиболее эффективное и равномерное увлажнение достигается при $C=0,6..1\%$.

Установлено, что энергоемкость разрушения угля зависит не только от характера приложения нагрузок (взрывное разрушение, механическое разрушение), но и от физико-механических свойств среды. В нашем случае энергоемкость разрушения угля снижается на 35-40%. Разработанная методика [7] позволяет охарактеризовать деформационные свойства угля – коэффициент Пуассона, модуль упругости, модуль сдвига. Установлено, что при увеличении влажности модули упругости и сдвига уменьшаются, что свидетельствует об увеличении пластичности угля, и это в конечном итоге приводит к снижению возможности накопления энергии и ее реализации.

Исследованиями установлено существенное влияние физико-механических свойств угля (управление которыми проводится гидровоздействием с использованием ПАВ) на процессы разрушения, как взрывным, так и механическим способом. В конечном итоге это приводит к корректировке параметров БВР, перераспределению баланса выделяющихся газов при взрыве ВВ, созданию нормальной атмосферы в зонах их ведения. Результаты исследований, проведенных в ДонНТУ, позволяют говорить о необходимости направленного изменения свойств угля гидровоздействием, особенно в зонах ведения БВР.

Библиографические ссылки

1. Гребенкин С.С., Артамонов В.Н. Исследование изменения свойств угольного пласта в зонах увлажнения. Физико-технические проблемы горного производства. Сборник научных трудов Национальной академии наук Украины, отделение физико-технических горных проблем ДонФТИ. Выпуск 4, –Донецк, 2001, С.64-71.
2. Артамонов В.Н., Бондаренко А.Ю., Кузык И.Н., Замай Л.В. Исследование влияния увлажнения краевой части угольного пласта на механические процессы вокруг выемочной выработки. Известия Донецкого горного института, - Донецк, ДонГТУ, 1997, №1(5).-С.46-50.
3. Ярембаш И.Ф. Очистка рудничной атмосферы после взрывных работ. -М: Недра, 1979, С.191.
4. Артамонов В.Н. Принципы поэтапного гидровоздействия на угольный пласт и эффективность его применения в шахтах. Известия Донецкого горного института, - Донецк, ДонГТУ, 1997, №2(6).-С.73-79.
5. Артамонов В.Н., Николаев Е.Б. Предварительное увлажнение как комплексный метод повышения эффективности и безопасности горных работ. Монография «Геотехнологии на рубеже XXI века».-Донецк. ДонГТУ-ДУНПГО, том 1, 2001.-С.124-129.
6. Артамонов В.Н., Бондаренко А.Ю. О возможности управления технологическими свойствами угля увлажнением краевой части пласта. Известия Донецкого горного института, - Донецк, ДонГТУ, 1995, №1.-С.21-24.
7. Методика лабораторных исследований изменения физико-механических свойств угля при гидровоздействии. (сост. Артамонов В.Н., Николаев Е.Б., Баранов А.В.. ДонНТУ, 2001.-32 с.

УДК 621.878.23.001.24

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЕ ЗЕМЛЕРОЙНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Хмара Л.А., Соколов И.А.,

Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры, Днепропетровск
Урих Е.И., ЗАО трест Реконструкции и Развития, Днепропетровск

Совершенствование бульдозерного оборудования.

Оптимизация параметров отвала бульдозера осуществляется по критериям производительность и общее сопротивление грунта копанью. Сформулированы требования по выбору и назначению основных линейных и геометрических параметров бульдозеров.

Копание грунта отвалом, оснащенным выступающими ножами, образует боковые расширения по обе стороны от выступающих ножей с углами бокового расширения 30...45°, при этом снижается трение режущей поверхности основного ножа (площадки заступления ножа) о разрабатываемый грунт, уменьшается горизонтальная составляющая сопротивления грунта копанью.

Эффективность эксплуатации бульдозерного оборудования с одним выступающим ножом и боковыми косынками в сравнении с традиционным отвалом состоит в повышении технической производительности на 15...20 %, а с четырьмя выступающими ножами и боковыми косынками на 22...28 %, в зависимости от прочности разрабатываемых грунтов.

Отвал бульдозера с челюстным захватом в виде управляемой челюсти позволяет наряду с разработкой грунта выполнять захват, подъем и транспортирование отдельных предметов, а также захват рабочих органов (фрезы, уплотнители, гидромолота и др.). При опущенном захвате бульдозер разрабатывает грунт выступающим средним ножом.

Бульдозер со шнековым интенсификатором предназначен для послойной разработки грунта, работая как путепроходчик и для обратной засыпки траншей. Главным фактором, определяющим высокую производительность этой машины - есть непрерывность рабочего процесса, который включает в себя резание, экскавацию грунта с забоя и его транспортировку. Преимущества: уменьшение повреждений покрытий труб, уменьшение полосы отчуждения, уменьшения времени рабочего цикла, повышение производительности, улучшение технико – экономических показателей.

Совершенствование ковшей скреперов и их рабочих процессов.

Совершенствование ножевой системы скреперов предусматривает установку выступающих

ножей и боковых косынок, обеспечивающих улучшение процесса наполнения ковша в условиях снижения силовых и энергетических затрат.

Двухстадийная технология заполнения ковша скрепера предусматривает первоначальное заполнение передней части ковша (1-я стадия), а затем – заполнение задней части ковша (2-я стадия). По данной технологии достигается сокращение длительности цикла, уменьшение энергоемкости процесса, повышение производительности.

Интенсификатор загрузки ковша скрепера в виде лопастного метателя.

Благодаря компактности конструкции и высоким транспортирующим качествам лопастной метатель может быть выполнен навесным на существующие модели скреперов и устанавливается перед передней заслонкой ковша, обеспечивая транспортировку грунта на, практически, любое расстояние по его длине и высоте. Транспортировка грунта из зоны разрушения в ковш способом метания позволяет производить заполнение ковша скрепера при минимальных значениях сопротивления грунта копанию, не зависящих от его стадии заполнения и геометрических параметров. Преимущественной областью использования скреперов, оснащенных лопастными метателями, является разработка и перемещение сыпучих и слабосвязанных грунтов без сосредоточенных каменистых включений [3, 4].

Агрегатирование самоходных скреперов в скреперный поезд. Применение сцепно - толкающего устройства на самоходных скреперах обеспечивает их работу в режиме скреперного поезда без дополнительного трактора-толкача, в результате чего достигается существенная экономия материальных, энергетических и трудовых затрат. Возможны различные схемы агрегатирования самоходных скреперов, составляющих скреперный поезд.

Совершенствование рыхлителей.

Высокоэффективные рабочие органы рыхлителей на базе тракторов и экскаваторов. Для разработки прочных и мерзлых грунтов, а также старых асфальтобетонных покрытий создано рыхлительное оборудование на базе гусеничных тракторов Т-130, Т-170 и др. [3, 4, 7].

Оборудование представляет собой четырехточечную параллелограммную подвеску с рабочим органом и двумя гидроцилиндрами управления. Рабочий орган выполнен в виде стойки с двумя рыхлящими зубьями, установленными на разном уровне и смещенными по длине друг относительно друга.

Такое оборудование позволяет осуществлять рыхление высокопрочных грунтов на глубину 0,35...0,7 м и для последующей его экскавации землеройными и землеройно-транспортными машинами. Наличие двух зубьев на стойке обеспечивает по сравнению с однозубым рыхлителем повышение производительности на 14...16 %, снижение динамических нагрузок на базовый трактор, увеличение производительности землеройных машин, работающих в комплексе с рыхлителями на 24...26 %.

Производительность трехзубого рыхлителя увеличивается по сравнению с однозубым и двухзубыми рыхлителями с расположением зубьев в одной продольной вертикальной плоскости на 18...24 %. Достигается снижение кусковатости разрыхленного грунта в 1,6...1,8 раза, увеличивается глубина рыхления за один проход на 20...25 %.

Совершенствование конструкций ковшей драглайнов.

Ковш драглайна с траекторно-последовательным смещением режущих ножей по длине. Предложена новая конструкция ковша, обеспечивающая не только хорошо протекающий процесс копания, но и зачистку поверхности оснований котлованов и траншей при низких энергозатратах этих видов работ. Особенность конструкции ковша заключается в наличии двух режущих кромок, повышающих эффективность процесса копания – снижение энергоемкости, улучшение планировочной и зачистной способности, а также условий заполнения ковша грунтом, повышение производительности.

Ковш драглайна с траекторным смещением режущих ножей с различными углами резания. Особенность конструкции ковша – наличие двух траекторносмещенных режущих кромок, установленных под различными углами резания, что обеспечивает повышение эффективности рабочего процесса – снижение энергоемкости, улучшение условий заполнения ковша грунтом и повышение производительности.

Ковши драглайнов увеличенной вместимости. Поиск и оптимизация вместимости ковшей драглайнов позволили сформировать различные варианты решения. Особенностью представлен-

ных ковшей драглайнов стала реализация резерва увеличения геометрической вместимости, находящейся за режущей кромкой под днищем и ранее не используемая.

Применение ковшей данной конструкции позволяет снизить нагрузки на рабочее оборудование на 10...12 %, повысить производительность драглайнов в среднем на 15...18 % при улучшении удельных технико-экономических показателей. При этом конструктивные изменения базового ковша незначительны и сводятся к модернизации днища.

С помощью методов многокритериальной оптимизации получена конструкция ковша драглайна с рациональными параметрами, применение которого позволяет уменьшить нагрузки на рабочее оборудование на 8...10 % и увеличить производительность на 10...15 %.

Строительные манипуляторы.

Землеройно-манипуляторное оборудование многоцелевого назначения. Разработаны различные варианты многоцелевых землеройно-манипуляторных рабочих органов, предназначенные для установки на одноковшовых гидравлических экскаваторах: ковш обратной лопаты с челюстным захватом; ковш обратной лопаты с челюстным захватом и шарнирной вставкой, обеспечивающей дополнительную степень свободы с гидроцилиндром поворота ковша на рукояти или на вставке [4, 5, 7]; ковш с челюстью и ротационным механизмом и управляемый двухпальцевый захват. Рабочие органы с челюстным ковшом (особенно при наличии дополнительной подвижности ковша) выполняют функции руки человека, что позволяет отнести машину к оборудованию манипуляторного типа.

Рабочее оборудование многоцелевого назначения манипуляторного типа в виде двухпальцевого схвата может быть смонтировано также на малогабаритном погрузчике, колесном и гусеничном тракторе.

Кафедра "Строительные и дорожные машины"

ПГАСА и Трест Реконструкции и Развития проводят исследования по решению следующих проблем:

1 Научно аналитический Центр "Интеллект - сервис" осуществляет разработки технической документации на строительство и строительные машины и оборудование.

2 Разработка технологии и технической документации и изготовление завода по переработке строительных отходов (бетон, железобетон).

3. Разработка технологии и технической документации и оборудования в виде схватов для строительных машин, работающих отрядах быстрого реагирования, например, при разработке завалов последствий стихийных бедствий (ураганов, землетрясений, наводнений).

4. Разработка технологии и средств механизации очистки и строительства прибрежных зон рек, и водоемов.

5. Разработка технической документации на изготовление и установку модульных площадок для сбора бытового мусора в условиях городов и населенных пунктах.

6. Разработка манипуляторного оборудования для резки сучьев и деревьев в парковой зоне.

7. Разработка проекта технологии и оборудования для разборки и утилизации материалов жилых зданий высотой до 5 этажей.

8. Разработка технологии и оборудования для срезки оголовков железобетонных свай и технологии по их переработке и использованию.

9. Разработка технической документации и оборудования для переработки некондиционных изделий на заводах ЖБИ.

10. Разработка технологии и оборудования для переработки отходов строительного производства на строительных объектах города при возведении новых и реконструкции старых сооружений.

Разработка научных основ землеройно-манипуляторного оборудования и технология ведения аварийно – спасательных и восстановительных работ в экстремальных условиях.

Даны основные рекомендации по созданию землеройно-манипуляторного оборудования для оснащения им отрядов быстрого реагирования. Разработана технология разработки и утилизации элементов разрушенных железобетонных конструкций (сооружений) в полевых условиях. Технология включает выполнение следующих операций, которые могут быть легко осуществлены в полевых условиях:

1) устройство с манипуляторными захватами и экскаваторами с челюстным ковшом IV - V размерных групп конструкции ДИСИ – МАДИ осуществляет разборку завалов и растаскивание ме-

таллоконструкций;

2) бульдозерами материал перемещается на желобчатую плиту и распределяется на ней равномерно;

3) на распределённый материал воздействуют мощными ударами многотонной плиты типа клин – баба;

4) обнаженную металлоконструкцию извлекают манипуляторами и погружают в транспортные средства;

5) материал бульдозерами перемещают на колосниковую решетку, где измельченный материал частично проваливается в приемный бункер, а оставшийся подвергается дополнительным ударам клин – бабой до окончательного прохода материала через колосниковую решетку;

6) из накопительного бункера материал доставляется на камнедробилки или непосредственно используется в строительстве (укладка в основание дорог и других сооружений).

Данная статья подготовлена по результатам собственных исследований кафедры «Строительные и дорожные машины» ПГАСА, часть которых проведена совместно с Трестом Реконструкции и Развития. Она является по сути продолжением цикла статей, опубликованных в научно-технических и отраслевых журналах и сборниках по вопросам интенсификации земляных работ, освещаемых ведущими кафедрами стран СНГ – МАДИ, МИСИ, КИСИ, ХАДИ [1, 2].

Возрастающая стоимость землеройной техники и сокращение ее выпуска обуславливают актуальной одну из тенденций совершенствования землеройной техники - повышение их производительности, снижение материалоемкости, энергоемкости, улучшение технико-экономических показателей [3, 4, 5]. На кафедре «Строительные и дорожные машины» ПГАСА решением этой проблемы занимаются в настоящее время или проводили исследование ранее: кандидаты технических наук В.К. Тимошенко, С.В. Шатов, А.И. Голубченко, В.В. Мелашич, И.А. Кулик, В.И. Осипчук, К.Ц. Главацкий, В.Б. Коротких, С.А. Карпушин, инженеры М.И. Деревянчук, В.И. Курочка, Ю.В. Мартыненко, Р.Н. Кроль, В.И. Пантелеенко, автор данной статьи и др.

Приобрести техническую документацию и получить консультации можно по адресу: 49005 - ГСП, г Днепропетровск, 92, ул. Чернышевского, 24-а, ПГАСА, зав. кафедрой «Строительные и дорожные машины», д.т.н., проф. Л.А. ХМАРЕ.

Библиографические ссылки

1. Машины для строительства и работ в жилищно-коммунальном хозяйстве города и поселка / В. И. Баловнев, Ю.П. Бакатин, Г.В. Кустарев . и др. // Строительные и дорожные машины. – 1992. – №1. – с. 22-25.
2. Новое сменное навесное оборудование к тракторам и экскаваторам / В.Л. Баладинский, А.В. Фомин // Механизация строительства. – 1992. –№2. – с. 6 – 8.
3. Интенсификация земляных работ в дорожном строительстве / В.И. Баловнев, Л.А. Хмара / –К.: Будівельник, 1983. –183 с.
4. Повышение производительности машин для земляных работ / В.И. Баловнев, Л.А. Хмара / К.: Будівельник, 1988. – 152 с.
5. Строительные работы и манипуляторы / В.И. Баловнев, Л.А. Хмара, В.П. Станевский, П.И. Немировский – К.: Будівельник, 1991. – 136 с.
6. Модернизация и повышение производительности строительных машин / Л.А. Хмара, Н.П. Колесник, В.П. Станевский – К.: Будівельник, 1992. – 152 с.

УДК 621.863.2:539.4.014

КРИТЕРИЙ ДОПУСТИМЫХ КРИВИЗН ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ШАГА НАРЕЗКИ КАНАВОК НА ЦИЛИНДРИЧЕСКОМ БАРАБАНЕ ШАХТНОЙ ПОДЪЕМНОЙ МАШИНЫ

Заболотный К.С., Жупиев А.Л., Безпалько Т.В.,
Национальный горный университет, Днепропетровск

Актуальной задачей совершенствования конструкций барабанных шахтных подъемных машин (ШПМ) является увеличение их канатоемкости, что непосредственно связано с назначением минимального шага нарезки канавок на барабан. Для назначения шага в настоящее время использу-

ется условие отсутствия касания навиваемого каната и соседнего намотанного витка каната [1,2], назовем это условие критерием точечного касания. Находящиеся в эксплуатации подъемные машины с диаметром барабана 4-5 м имеют шаг нарезки канавок [3] меньший, чем шаг, рекомендуемый по этому критерию. В связи с этим необходимо разработать новый критерий, которому бы удовлетворяли уже существующие машины.

В качестве критерия для определения шага нарезки канавок на цилиндрическом барабане подъемной машины предлагаем критерий допустимых кривизн, суть которого заключается в выполнении следующего условия: отношение радиуса кривизны оси наматываемого каната к радиусу каната должно быть больше либо равно отношению диаметра барабана к диаметру каната (Db/dk), которое рекомендуется правилами безопасности (ПБ). При выполнении этого критерия значения максимальных изгибных напряжений проволок каната, нормальное давление на соседний канат и на гребешок канавки будут меньше либо равны соответствующим значениям напряжений и давлений, возникающим при намотке каната на дно канавки подъемной машины с минимальным отношением Db/dk .

Для использования предложенного критерия необходимо решить задачу определения кривизны оси наматываемого каната.



Рис. 1. Профиль канавки

Примем гипотезы, что канат представляется гладким цилиндром без изгибной жесткости и ось каната лежит в плоскости девиации [1]. Назовем профилем канавки пересечение поверхности канавки с плоскостью, проходящей через ось барабана. Примем, что профиль канавки представляется в виде сопряжения дуг окружностей и отрезков прямых. Основные параметры профиля канавки: h – высота канавки, Rd – радиус дна канавки, r – радиус скругления гребешка, a, b – длины прямолинейных участков на гребешке, горизонтального и наклонного соответственно, t – шаг нарезки канавки (рис.1). Введем в плоскости профиля локальную систему координат $\xi O\eta$ (рис. 1), точка O находится в центре кривизны дна канавки.

Введем суммарный радиус $\rho = Rd + r$. Из геометрических соображений:

$$b^2 = \tau^2 - h(2\rho - h),$$

(1)

где $\tau = 0.5t - a$. Из равенства (1) при $b=0$ и $a=0$ найдем значение τ_0 , равное $2\sqrt{h(2\rho - h)}$. Определим минимальный геометрически допустимый шаг следующим выражением:

$$t_{Min} = \begin{cases} \tau_0 & \text{если } \tau_0 > dk \\ dk & \text{если } \tau_0 \leq dk \end{cases}$$

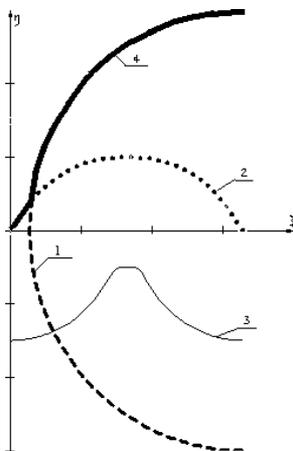


Рис. 2. Эквидистантная кривая профиля канавки и соседнего каната

При шаге нарезки канавки, большем t_{Min} , выбирая величину k от 0 до 1, определим величины a и b по формулам $a = a_{Max} \cdot k$, где $a_{Max} = 0,5(t - t_{Min})$ и $b = \sqrt{\tau^2 - h(2\rho - h)}$.

Для полученного профиля строим эквидистантную кривую, т.е. кривую, описывающую траекторию движения центра окружности с диаметром, равным диаметру каната, при его качении по профилю канавки. Эквидистантная кривая представляет собой множество точек, соответствующих возможным положениям оси навиваемого каната. Аналогично строим эквидистантную кривую для витка соседнего намотанного каната. На рис.2 кривая 1 изображает эквидистантную кривую витка соседнего намотанного каната, кривая 2 – профиля канавки, кривая 3 – сам профиль канавки, а 4 – объединение эквидистантных кривых профиля канавки и соседнего каната.

Поверхность, эквидистантная поверхности намотки каната, в системе координат изображенной на рис.3, определяется следующими уравнениями:

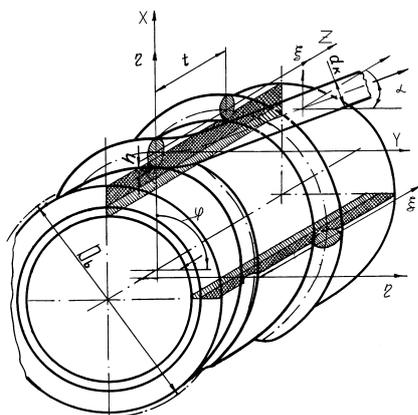


Рис. 3. Схема навивки каната на барабан

$$\begin{aligned} x &= (Rb + \eta(\xi))\cos(\varphi) - Rb; \\ y &= (Rb + \eta(\xi))\sin(\varphi); \\ z &= -\frac{t\varphi}{2\pi} + \xi \end{aligned} \quad (2)$$

где $Rb = Db/2$, $\eta(\xi)$ – объединение эквидистантных кривых профиля канавки и соседнего каната.

Примем, что ось наматываемого каната до точки закрепления (точка в которой навиваемый канат лежит на дне канавки) находится в плоскости девиации. Уравнение линии пересечения эквидистантной поверхности плоскостью девиации имеет вид:

$$\begin{aligned} \varphi(\xi) &= \arccos\left(\frac{Rb}{Rb + \eta(\xi)}\right) \\ y &= (Rb + \eta(\xi))\sin(\varphi(\xi)); \\ z &= -t\frac{\varphi(\xi)}{2\pi} + \xi \end{aligned} \quad (3)$$

Для определения областей контакта каната с гребешком и соседним витком, представим ось навиваемого каната от точки закрепления до шкива в виде последовательно соединенных двух криволинейных и трех прямолинейных, касательных к ним, участков. Криволинейные участки, соответствующие контакту каната с гребешком и соседним канатом, описываются уравнениями (3).

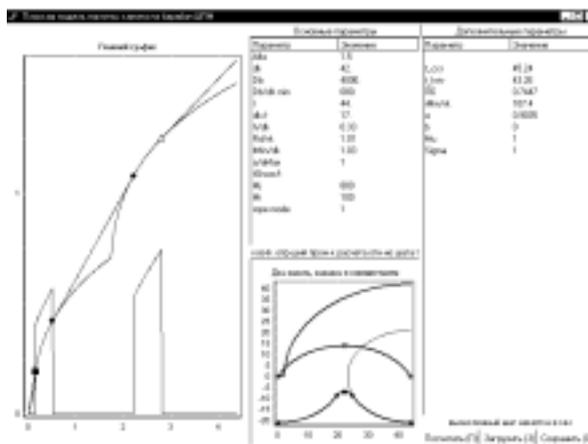


Рис. 4. Экранная форма

Для барабанов и шкивов на поверхности шахт ПБ регламентируют минимальное отношение диаметра навивки каната к его диаметру равное 80. Назовем приведенной кривизной произведение значения кривизны оси каната на 80. Изгибные и контактные напряжения в проволоках каната пропорциональны этой величине.

Для построения оси каната и определения ее кривизны была разработана программа PlainWinding. На рис. 4 в левой части экранной формы приведены: кривая пересечения эквидистантной поверхности с плоскостью девиации, ось каната и график ее приведенной кривизны для случая касания каната с гребешком и соседним канатом.

Видно, что приведенная кривизна на первом участке меньше, чем на втором. В правой части экранной формы представлена форма профиля канавки и эквидистантные кривые.

Анализ влияния изменения радиусов Rd и r существующих профилей канавки, с учетом структуры применяемых канатов, на кривизну оси наматываемого каната позволяет ограничиться следующими средними размерами: радиус дна канавки $Rd = 0,505 \cdot dk$; радиус скругления гребешка, который должен быть соизмерим диаметру проволоки каната, $r = dk / 17$.

Назовем относительным зазором отношение величины зазора между канатами к диаметру барабана, в процентах. На рис. 5 для значения угла девиации $1,5^\circ$ представлена зависимость приведенных кривизн (в процентах) от величины относительного зазора для случаев намотки: а) когда соседняя канавка в сторону убывания угла девиации пуста; б) заполнена канатом. Штрих пунктирная линия (1) отображает зависимость для подъемной машины с отношением диаметра барабана к диаметру каната 80, пунктирная (2) – 100, сплошная (3) – 120. Знак \diamond соответствует теории точечного касания [1]. Крестиками и кружочками обозначены значения зазоров и кривизн в серийно выпускаемых подъемных машинах (X — 2Ц-4 \times 1,8; ЦР-4 \times 3/0,7; 2Ц-4 \times 2,3; O — 2Ц-5 \times 2,4; ЦР-5 \times 3/0,6). Большим значениям кривизн соответствует больший диаметр каната для одной и той же машины.

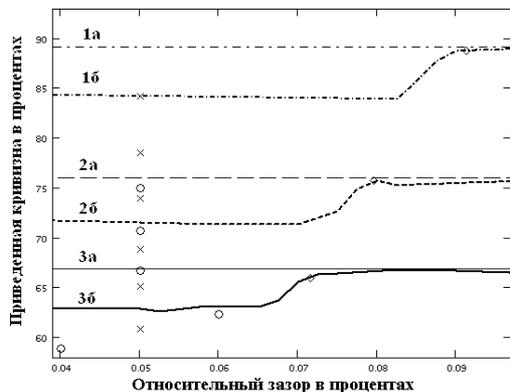


Рис. 5. Зависимость приведенных кривизн от относительного зазора

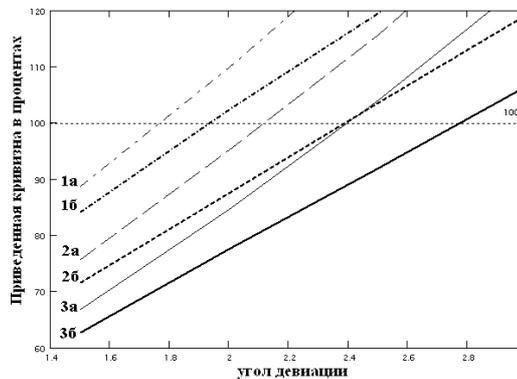


Рис. 6. Зависимость приведенных кривизн от угла девиации

Из рис. 5 видно, что отображаемая зависимость для случая б), когда соседняя канавка заполнена, состоит из двух ветвей и переходного участка между ними. Первая ветвь, отвечающая меньшим приведенным кривизнам, соответствует случаю, когда приведенные кривизны на участке контакта с гребешком меньше, чем на участке контакта с соседним канатом. Вторая ветвь соответствует контакту только с гребешком. Переходной участок соответствует случаю, когда приведенные кривизны на участке контакта с гребешком больше, чем на участке контакта с соседним канатом. Начало второй ветви соответствует точечному контакту.

В [3] рекомендуется выбирать величину абсолютного зазора для машин с диаметром барабана до 6 м равным 2-3 мм. Выпускаемые четырех и пятиметровые машины имеют шаг нарезки канавок меньший, чем шаг, рекомендуемый с использованием критерия точечного касания [1], по которому величина зазора равна 3,65-4,29 мм.

Вследствие того, что зависимость приведенных кривизн на первой ветви от относительного зазора близка к константе, для назначения минимального шага по критерию кривизн следует выбирать t_{Min} .

На рис. 6 представлены зависимости приведенных кривизн (в процентах) от угла девиации. Тонкие кривые (случай а) соответствуют не заполненной соседней канавке, жирные кривые (случай б) для контакта с соседним канатом и гребешком (первая ветвь на рис. 5). Кривые 1,2,3, отображают зависимости для машин с отношением Db/dk равным 80,100,120 соответственно.

На рис. 6 горизонтальная пунктирная линия соответствует предельному значению приведенной кривизны, вычисленной на основании ПБ. Из двух рассмотренных расчетных случаев следует выбирать тот, в котором значения приведенных кривизн выше, т.е. намотку с пустой соседней канавкой. Из рисунка видно, что для машин с Db/dk равным 80,100,120 увеличение угла девиации до 1,8, 2,1 и 2,4 соответственно не приводит к превышению кривизн по сравнению с рекомендуемыми в ПБ.

Выводы:

- кривизна каната при намотке только на гребешок канавки выше, чем кривизна каната при намотке, как на гребешок, так и на соседний виток;
- использование критерия точечного касания для назначения шага нарезки канавок приводит к завышенным значениям зазора на 40-80% по сравнению с существующими машинами [3];
- по критерию допустимых кривизн минимальным шагом нарезки канавки является минимальный геометрически допустимый шаг, что приводит к уменьшению зазора в среднем на 40% по сравнению с существующими машинами [3];
- назначение угла девиации до 1.8° - 2.4° , (в зависимости от отношения Db/dk), не приводит к нарушению критерия допустимых кривизн.

Библиографические ссылки

1. Заболотный К.С., Жупиев А.Л., Безпалько Т.В. Разработка теории укладки подъемного каната на барабан ШПМ // Вибрации в технике и технологиях. – 1999. – №12. – С.36-38.
2. Киселев Н.Н., Кужель М.Г., Димашко А.Д., Ильин П.Л. К вопросу о допуске шаге навивки каната на барабан подъемной машины // Уголь. – 1954. – №11. – С.27-31.

3. Димашко А.Д., Гершиков И.Я., Кревневич А.А. Шахтные электрические лебедки и подъемные машины. Справочник. – М.: Недра, 1973. – 363 с.

УДК 621.926.54

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССОВ РАЗДЕЛЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ ПО КРУПНОСТИ В БАРАБАННЫХ ГРОХОТАХ

Маляров П.В., АО «Ресурс», Днепропетровск

Барабанные грохоты, применяемые в настоящее время для промывки глинистых руд (промывочные машины), при разделении по крупности и промывке материалов в строительной индустрии и в других областях имеют, как правило, в качестве просеивающей поверхности перфорированные металлические листы [1,2]. При этом коэффициент «живого сечения» не превышает 25%. Очевидно, что конструкция перфорированного листа не может в полной мере отвечать требованиям учета характера взаимодействия промываемого или просеиваемого материала с рабочей поверхностью грохота. Для придания рабочей поверхности грохотов специфических функций используют некоторые конструктивные приемы. Например, в бутах на внутренней поверхности устанавливают методом сварки ленточную спираль для возврата крупнокускового материала и мелющих тел в мельницу. На просеивающей поверхности промывочных машин продольные планки устанавливают, подобно лифтерам мельниц, для поднятия загрузки на большую высоту и повышения эффективности перемешивания материала. Выше перечисленные конструктивные мероприятия до настоящего времени не имели под собой теоретических обоснований, а выбор размеров отдельных элементов конструкции осуществлялся, в большинстве случаев, на основании простого подбора.

Весьма важное место в технологическом процессе переработки полезных ископаемых занимают машины, применяемые для промывки глинистых руд. Например, промывка кимберлитовых руд является одной из основных технологических операций при добыче алмазов.

До настоящего времени в литературе не освещены основы теории взаимодействия загрузки с рабочей поверхностью барабанных грохотов, а также не рассмотрены принципы подбора оптимальной системы параметров механического режима. Ориентировочно объемную производительность Q_o определяют [1] по формуле :

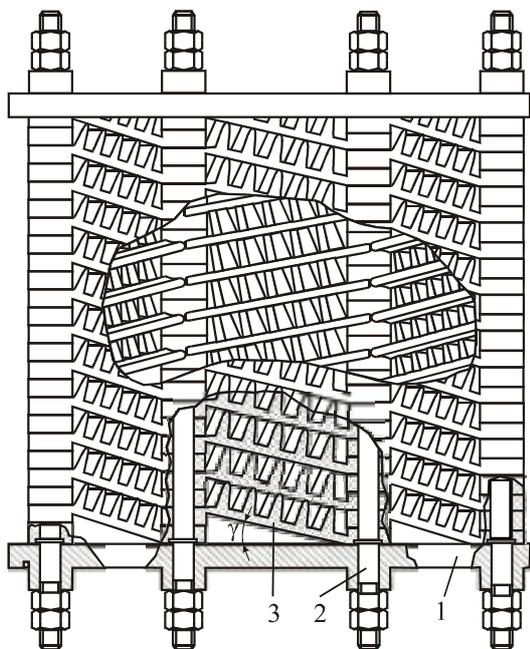
$$Q_o = qaF,$$

где q – удельная объемная производительность $\left(\frac{м^3}{м^2 \cdot ч}\right)$ на 1 мм ширины отверстия; a – размер отверстий сита, мм; F – площадь сита, мм.

Для промышленных грохотов с диаметром отверстий 50 мм рекомендуется удельную объемную производительность принимать $q = 0,06 - 0,10 \text{ м}^3 / (м^2 \cdot ч)$, а для отверстий меньшего диаметра $q = 0,035 - 0,05 \text{ м}^3 / (м^2 \cdot ч)$. Практика эксплуатации барабанных грохотов показала, что расход воды при мокром грохочении составляет 2,5-1,5 м³ на 1 м³ загружаемого материала. Большие значения расхода воды соответствуют меньшей крупности материала.

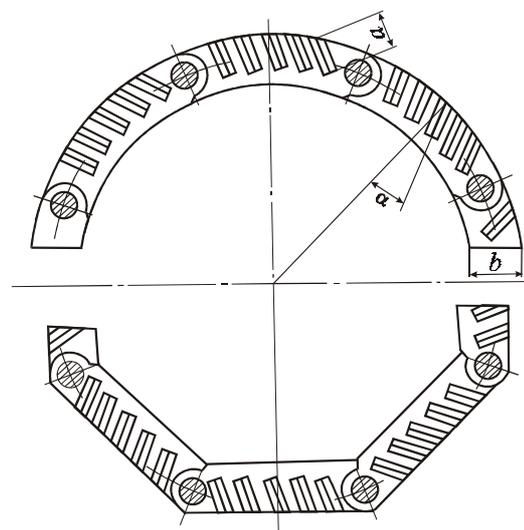
Очевидно, что такой расчет может лишь с большим приближением прогнозировать объемную производительность безотносительно к основным параметрам грохота. Предложенная методика, в большей мере позволяет качественно определить влияние размеров отверстий просеивающей поверхности на процесс грохочения различных типов руд.

В настоящей работе представлена принципиально новая конструкция (рис.1а, 1б), позволяющая одновременно решить ряд проблем на пути повышения эффективности и надежности барабанных грохотов [3].



а) Общий вид

Рис. 1. Барабанный грохот экспериментальной конструкции



б) Установка планок различной конструкции на шпильках

Грохот состоит из торцовых фланцев 1, которые одновременно могут служить элементами фрикционного привода. Торцовые фланцы соединяются между собой продольными шпильками 2. Просеивающая поверхность представлена набором планок специальной конструкции 3. Планки представляют собой наклонные под углом γ , относительно радиальной плоскости, элементы просеивающей поверхности с узлами крепления и периодическими клиновидными выступами.

Высота клиновидных выступов определяет размер «соты» просеивающей поверхности в направлении перпендикулярном плоскости планки. Другой размер «соты» определяется расстоянием между клиновидными выступами. В конструкции представленной на рис. 1а клиновидные выступы формируют просеивающую поверхность в виде «сот» трапециевидной формы. Клиновидные выступы могут быть установлены под разными углами α к радиусу, что в значительной мере определяет характер взаимодействия загрузки с просеивающей поверхностью. При изменении формы выступов, а также их расположении по обе стороны планки формы сот образующих просеивающую поверхность могут иметь различную геометрию. Ширина выступов a не должна превышать ширину планки b . Планки могут быть выполнены в виде сегментов колец или прямыми как показано на рис.1б. Основными характеристиками определяющими эффективность работы грохотов представленной конструкции являются параметры механического режима, основные его размеры и геометрические параметры просеивающей поверхности.

Объёмная производительность по надрешетному продукту может быть определена как:

$$Q_{над} = A_{над} v,$$

где $A_{над}$ – фактическая площадь поперечного сечения эпюры заполнения барабана надрешетным продуктом; v – заданная скорость принудительного перемещения надрешетного продукта.

$$v = \pi D \operatorname{tg} \gamma n \left(\frac{M}{\text{мин}} \right),$$

где D – внутренний диаметр барабана грохота; γ – угол наклона винтовой линии образованной планками, формирующими рабочую поверхность; n – частота вращения барабана 1/мин;

Очевидно, что по мере перемещения надрешетного продукта к разгрузке площадь поперечного сечения уменьшается вплоть до окончания разделения материала по крупности.

Обозначим отношение площади поперечного сечения эпюры в загрузочном сечении к фактической площади поперечного сечения эпюры заполнения барабана надрешетным продуктом

$$K_{нан} = \frac{A_{заг}}{A_{над}}.$$

$K_{нан}$ – коэффициент наполненности загрузки подрешетным продуктом, позволяет определить

состав питания грохота, или при известном составе питания определить соотношение площадей в начале и конце эффективной длины барабана грохота. Эффективной следует считать длину барабана на которой начинается и заканчивается технологический процесс разделения.

После соответствующих подстановок диаметр барабана грохота может быть определен как

$$D = \frac{Q_{над} 60}{A_{над} K_{нат} \pi \operatorname{tg} \gamma n}.$$

Представленные зависимости могут рассматриваться как одни из базовых при разработке инженерных методик расчёта барабанных грохотов.

В настоящее время режимы работ применяемых в промышленности промывочных машин и барабанных грохотов соответствуют каскадному. (Здесь и в дальнейшем для барабанных грохотов используем терминологию применяемую для машин типа «вращающийся барабан») При каскадном режиме можно обеспечить хорошую перемешиваемость материала и многократный контакт загрузки с просеивающей поверхностью, что в свою очередь способствует скорейшему рассеиванию материала по крупности.

Очевидно, что для определения основных параметров представленного оборудования следует провести серию экспериментальных исследований для определения основных параметров и их соотношений. Полученные результаты могут быть представлены в виде таблиц и номограмм, а также в виде поправочных коэффициентов к теоретической (идеализированной) модели расчета. Основными параметрами, которые должны быть определены в результате эксперимента являются:

- эффективная длина барабана
- геометрические характеристики эпюры заполнения грохотимого или промываемого материала в различных сечениях барабана.
- основные размеры специальных планок образующих просеивающую поверхность. Конструкция планок не только формирует просеивающую поверхность, но и в известной мере определяет скорость транспортирования надрешетного продукта к разгрузке.

Представленная конструкция является примером комплексного решения задач путем применения ряда принципиально новых конструктивных решений, обеспечивающих повышение эффективности технологического процесса.

Однако, даже простое сравнение существующих конструкций с представленной показывает, что последняя имеет ряд преимуществ:

- значительно повышается коэффициент живого сечения
- просеивающая поверхность на всей своей длине представлена эластичными элементами, обеспечивающими повышенную износостойкость по сравнению с металлическими листами.
- простота конструкции и сборки в процессе монтажа.
- просеивающая поверхность за счет наличия выступающей части на отдельных её элементах, образующих винтовую поверхность с заданными геометрическими параметрами, позволяет придать надрешетному продукту перемещение в продольном направлении с заданной скоростью даже при горизонтальном положении и может быть многократно модифицирована с целью придания дополнительных свойств. Например, выполнение выступающих элементов в форме зубьев определенной геометрической формы может обеспечить не только транспортирование надрешетного продукта, но и подъём загрузки на большую высоту, что в свою очередь обеспечивает более активное его перемешивание. Это весьма важно при промывке глинистых руд. Подобная конструкция просеивающей поверхности может также быть использована и в подвижных грохотах в виде пластинчатого транспортёра.

Библиографические ссылки

1. Справочник по проектированию рудных обогатительных фабрик. – Кн. 1. – М.: Недра, 1988. – С.374.
2. Кармазин В.И. Обогащение руд черных металлов. – М.: Недра, 1982. – 216 с.
3. Маляров П.В. и др. Барабанный грохот. А.С. N 1226724(СССР). Заявл. 9.01.1984.

Литовко Б.М., Криворожский технический университет, Кривой Рог

Эффективность работы компрессорной установки в значительной мере зависит от протяжённости и состояния её воздушных сетей. Этот вопрос является актуальным для шахт Кривбасса, которые снабжаются сжатым воздухом от отдельных компрессорных станций, расположенных на значительном расстоянии от потребителей. Средняя протяжённость магистральных воздухопроводов составляет 4-5 км, а внутришахтных сетей 15-20 км [1].

Косвенным показателем, характеризующим физическое состояние воздушных сетей, является срок их службы. Очевидно, что с увеличением его возрастает количество дефектов трубопроводов, приводящих к утечкам сжатого воздуха. На сегодняшний день средний срок пребывания в эксплуатации магистральных трубопроводов составляет 15-20 лет, а внутришахтных – 3-5 лет.

Для оценки потерь воздуха во внешних сетях были проведены исследования на примере Шахтоуправления(ШУ) КГГМК «Криворожсталь», включающего шахту им.Артёма и карьер. В процессе исследований последовательно определились такие параметры: объём выработанного сжатого воздуха; количество воздуха, израсходованного основным и вспомогательным оборудованием; количество воздуха, использованного для проветривания глухих забоев; потери сжатого воздуха.

Общий объём воздуха, выработанный компрессорной установкой за анализируемый период работы предприятия (четвёртый квартал 2001 года), определялся, исходя из удельного расхода электроэнергии на производство 1 м³ сжатого воздуха, который для турбокомпрессоров К-500-61-1 составляет 0,097 кВт·ч/ м³. Так как за этот период на производство воздуха было затрачено 5142300 кВт·ч электроэнергии, то суммарный объём полученного воздуха составил 53013400 м³. С учетом того, что около 10% из данного объёма пошло на нужды сторонних потребителей и потеряно через помпажные клапаны, объектами шахтоуправления было направлено 47000000 м³ воздуха.

Исходными параметрами для определения расхода сжатого воздуха оборудованием были объёмы его работы, средняя производительность и удельный расход воздуха в единицу времени. По этим данным определялось суммарное время работы оборудования и расход воздуха за анализируемый период его эксплуатации.

Расход воздуха на проветривание глухих забоев определялся, исходя из количества забоев, времени проветривания и диаметра, открываемого трубопровода сжатого воздуха.

Потери воздуха определялись как разница между выработанным его объёмом и израсходованным на привод оборудования и проветривание.

Результаты исследования распределения сжатого воздуха между различными потребителями и его потерь в процессе доставки в забои приведены в таблице 1. Данные наглядно показывают, что для полезных нужд тратится только небольшая часть сжатого воздуха, а именно, около 18% его идет на привод оборудования и 4,5% на проветривание глухих забоев. Потери воздуха из-за утечек и теплообмена с внешней средой составляют 77,5% и более, чем в три раза превышают допустимые (20%). Полученные данные по величине потерь согласуются с ранее выполненными исследованиями на шахтах центрального Донбасса, где утечки сжатого воздуха оценены в 50-70% [2].

Из вышеотмеченного вполне очевидно, что основным резервом повышения эффективности компрессорных установок является сокращение потерь сжатого воздуха во внешних сетях как путём снижения утечек, так и лучшей подготовки воздуха на компрессорной станции. При решении этой проблемы следует исходить из того, что утечки в сетях имеют место во фланцевых соединениях магистральных трубопроводов, в запорно-соединительной и регулирующей аппаратуре и через коррозионные пробойны воздухопроводов, которые образуются в результате капежа агрессивных шахтных вод.

Воздух из сети уходит и через разгрузочные вентили водоотделителей, особенно в зимний период, на поверхностных участках магистрального воздухопровода, где вентили в это время бывают открыты практически постоянно из-за возможного замерзания конденсата в них и перекрытия

водоспускных патрубков. Негативное влияние оказывает также плохая подготовка воздуха на компрессорной станции.

Температура воздуха, подаваемого в магистральную сеть, примерно в три раза выше нормативной, что приводит к снижению его давления в процессе теплообмена с внешней средой.

Таблица 1. Основные потребители сжатого воздуха ШУ КГГМК «Криворожсталь» и его потери

Потребители сжатого воздуха	Объем работы за IV кв. 2001 г.	Средняя производительность машины	Время работы машины, ч	Удельный расход сжатого воздуха, м ³ /мин	Расход сжатого воздуха	
					за квартал, м ³	σ % от общего
1	2	3	4	5	6	7
Ручные перфораторы (бурение по руде крепостью f = 6-7)	48825 пог. м шпура	12 м/ч	4068	3	732240	
Ручные перфораторы (бурение по породе крепостью f = 16-18)	4990 пог.м шпура	2 м/ч	2495	3	449100	
Станки ударно-вращательного бурения	27890 пог.м скважин	3,75 м/ч	7437	7	3123540	
Погрузочные машины	13596 м ³	1,6 м ³ /мин	142	24	204480	
Зарядные машины	522 т ВВ	100 кг/мин	87	4	20880	
Основное оборудование подземного комплекса ШУ	-	-	-	-	4530240	9,6
Вспомогательное оборудование подземного комплекса (20% от основного)	-	-	-	-	906050	2
Проветривание глухих забоев	30 забоев	-	30	56	3024000	6,4
Все объекты подземного комплекса ШУ	-	-	-	-	8459300	18
Потребители поверхностного комплекса ШУ (25% от основного)	-	-	-	-	2114800	4,5
Все потребители ШУ	-	-	-	-	10574100	22,5
Общее количество воздуха, направленное объектам ШУ	-	-	-	-	47000000	100
Потери сжатого воздуха во внешней сети	-	-	-	-	36425900	77,5

Проведенные предварительные исследования показали, что основным резервом существенного повышения эффективности работы компрессорных установок является снижение потерь воздуха

во внешних сетях. Решение этой проблемы требует проведения детальных исследований причин и источников потерь, количественной оценки и разработки средств и методов по их снижению.

Библиографические ссылки

1. Литовко Б.М. Состояние сетей сжатого воздуха шахт Кривбасса // Разработка рудных месторождений. – Кривой Рог: КТУ, 2002. – №78.
2. Картавый Н.Г., Бирюков В.М. Состояние и перспективы совершенствования пневматических установок угольных шахт: Обзор информ. – М., 1983. – 43 с.

УДК 621.9

К ВОПРОСУ О ПОВЫШЕНИИ СВОЙСТВ СТАЛЕЙ, РАБОТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ УДАРНО ИСТИРАЮЩИХ НАГРУЗОК ПРИ ПОНИЖЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Константинов Е.Г., Тарасенко Е.А., Орлова Т.Л.,
Норильский индустриальный институт, Норильск

Розглянуто способи підвищення властивостей сталей, що працюють в умовах ударно-стиральних навантажень при знижених температурах навколишнього середовища.

Ways of increase of properties steels working in conditions pushing using up loadings are considered at the lowered ambient temperatures.

Основным критерием, определяющим надежность и долговечность деталей горного оборудования, строительных и дорожных машин, работающих в условиях Севера, являются прочность, износостойкость и хладостойкость, применяемых материалов.

Для литых деталей, работающих в условиях ударно-истирающих нагрузок, высоких удельных давлений и низких (до -60°C) температур на НГК используется опытная сталь 25ХГСНМЛ (СТП-0401-4-77), относящаяся по своему химическому составу и назначению к среднелегированным высокопрочным сталям: $\text{C}=0,20-0,30\%$; $\text{Mn}=1,0-1,4\%$; $\text{Si}=0,5-0,7\%$; $\text{Cr}=0,6-1,0$; $\text{Ni}=0,6-1,0\%$; $\text{Mo}=0,3-0,5$; $0,3\%$; $\text{Cu}\leq 0,30\%$, содержащие S и P не более $0,03\%$ каждого. Структура стали после принятого на практике режима термической обработки (нормализация при $900-920^{\circ}\text{C}$, закалка с $880-920^{\circ}\text{C}$ и последующий отпуск в интервале температур $340-660^{\circ}\text{C}$) представляет собой высокодисперсный сорбит и перлит.

Статистический анализ химического состава промышленных плавков показал существенный разброс по содержанию легирующих элементов от рекомендуемого по верхнему и нижнему пределам, в%; по Mn –21,5; по Si - 40,7; по Cr - 14,8; по Ni - 18,5; по Mo - 29,4; содержание и в 32,5% плавков превышает допускаемые нормы. Аналогичная картина разброса имеет место и для механических свойств: по пределу прочности –15,6%, по пределу текучести – 32,9%; по относительному удлинению –21,2%; по ударной вязкости –23,4%.

Нестабильность химических и механических свойств в значительной мере обуславливает большое количество плавков, не удовлетворяющим требованиям СТП по основным показателям, определяющим надежность и долговечность работы деталей в условиях ударных нагрузок и низких температур.

Был предложен опытный режим термической обработки, имеющий цель повышение эксплуатационных свойств, измененный по сравнению с традиционным:

1. Повышение температуры нормализации до $1020-1050^{\circ}\text{C}$, обеспечивающее устранение следов литой структуры.

2. Применение термоциклической обработки с неполным фазовым превращением ($A_{c1} \pm 30-50^{\circ}\text{C}$) для получения однородной и тонкодисперсной структуры стали 11-12 баллов.

3. Закалка с $900-920^{\circ}\text{C}$ в масле.

4. Низкотемпературный отпуск ($250-300^{\circ}\text{C}$) вместо широкого интервала ($360-600^{\circ}\text{C}$) отпуска по существовавшей ранее технологии. Предложенный режим позволил получить оптимальное сочетание механических (твердость, ударная вязкость, прочность) и эксплуатационных свойств (износостойкость), повысив долговечность деталей в 1,8-2 раза.

Библиографические ссылки

1. Баранов А.А. Фазовые превращения и термоциклирование металлов. – К., 1974. – 231 с.
2. Федюкин В.К. Термоциклическая обработка сталей и чугунов. – Л., 1977. – 144 с.
3. Биронт В.С. Основы теории и практики термоциклической обработки металлов и сплавов. Красноярск, 1984. – 77 с.

УДК.622.831.322.008

ИССЛЕДОВАНИЕ СДВИЖЕНИЯ ПОРОДНЫХ СЛОЁВ НАД ОЧИСТНЫМИ ВЫРАБОТКАМИ ПОЛОГИХ ПЛАСТОВ

Лобков Н.И., Красноармейский филиал ДонНТУ, Красноармейск

Характер сдвижения породных слоёв над выработанным пространством лав в значительной мере определяет надежность работы добычных участков угольных шахт. Изучение механизма взаимодействия слоёв даёт возможность прогнозировать поведение кровли в процессе выемки угля, а значит определять рациональные параметры очистных работ, обеспечивающие надёжную работу лав.

В настоящее время изучению этой проблемы уделяется постоянное внимание. Проведен большой объём натурных, лабораторных, аналитических исследований поведения породного массива. Натурные исследования Ж.М. Конлыбаевой, Ф.Н. Клиновицкого, И.В. Хохлова и других дают чёткую картину образования над выработанным пространством лав зон обрушения пород, трещиноватости, плавного прогиба, очередности сдвижения породных слоёв, механизма формирования опорного давления. Лабораторные исследования на моделях из эквивалентных материалов подтверждают полученную картину.

Область сдвижения пород над выработанным пространством имеет три характерные зоны. Первая – это обрушенные породы, причём беспорядочно обрушаются породы на высоту до $(1,5...2)m$, где m – мощность пласта. Выше, обрушение происходит упорядоченными блоками, длина которых кратна ширине захвата комбайна. При залегании непосредственно над пластом прочных пород беспорядочное обрушение не наблюдается.

Вторая – зона трещиноватых пород с системой трещин от растяжения со сжатием, возникающей при изгибе слоёв с потерей сплошности.

Третья – зона плавного изгиба слоёв без потери сплошности.

Наблюдениями за поведением пород по скважинам, пробуренным с поверхности [1], установлен угол изгиба слоёв и угол обрушения, равные соответственно 45° и 70° для пород с крепостью более 2. Эти величины подтверждаются моделированием процесса сдвижения пород на моделях из эквивалентных материалов. Последовательность прогиба и обрушения породных слоёв над выработанным пространством при моделировании конкретных горно-геологических условий разработки позволяет представить характер формирования опорного давления на кромку пласта по периметру очистной выработки.

Угол прогиба, обрушения слоёв ограничивают зону сдвижения и соответственно число слоёв, участвующих в формировании опорного давления. Зная размер зоны сдвижения и соответственно число породных слоёв в ней, а также характер сдвижения пород, можно определять величину опорного давления при любом положении лавы в пределах выемочного поля. Давление на опору можно определить, как сумму давлений отдельных слоёв.

Результаты комплексных исследований позволили установить механизм сдвижения породных слоёв над выработанным пространством, основой которого является разделение массива на группы слоёв, в которых более прочный слой несёт на себе пригрузку вышележащих менее прочных слоёв. Эти группы слоёв прогибаясь, формируют опорное давление на призабойную часть пласта, а также на подготовительные выработки, определяя характер разрушения и обрушения пород кровли.

При наличии в кровле мощных и прочных слоёв обрушение каждого из них приводит к повышению горного давления на призабойную часть пласта, крепь очистной и подготовительных выработок, что приводит к их деформациям.

Для обеспечения стабильной работы лав важно знать периоды обрушения групп слоёв. Учитывая, что разрушение непосредственной кровли происходит впереди очистного забоя в зоне опорного давления для выяснения характера разрушения необходимо определить величину опорного давления ($P_{оп}$). Представив породные слои как балки, защемленные с двух сторон до первичной посадки слоя, можно определить давление его на опору [3]:

$$P_{сн} = \sum P_i + \gamma H, \text{ МПа.} \quad P_i = \frac{1}{2S} h \gamma l a, \text{ Мпа,}$$

где S – единичная площадка, m^2 ; h – мощность несущего слоя, m ; γ – объёмный вес породы, MH/m^3 ; l – предельный пролет породного слоя, m ; a – единичная ширина балки-полоски, m .

$$l = h \sqrt{\left[\frac{\sigma_0 h^2}{7\sigma_p (h + \sum h_i)} \right]^2 + \frac{\sigma_0 - 2\lambda\gamma H}{\gamma(h + \sum h_i)} - \frac{\sigma_0 h^2}{7\sigma_p (h + \sum h_i)}}, \text{ м,}$$

Предельный пролет слоя определяется из выражения:

где σ_0 и σ_p – предел прочности породы соответственно на сжатие и растяжение в массиве, МПа; $\sum h_i$ – сумма мощностей слоёв пригрузки, m ; h – мощность рассчитываемого слоя, m ; λ – коэффициент бокового распора; H – глубина залегания слоя, m .

Суммарное давление породных слоёв, заключенных в зоне сдвижения кровли над выработанным пространством, на опору, т.е. на кромку угольного пласта, определяет величину опорного давления:

Сравнивая величины σ_0 и $P_{оп}$, можно определить характер разрушения непосредственной кровли в зоне опорного давления.

При $P_{оп} > 2\sigma_0$ – порода разрушается в зоне опорного давления на мелкие фракции, способные просыпаться вслед за проходом комбайна в призабойное пространство.

При $P_{оп} < 2\sigma_0$ разрушение непосредственной кровли происходит блоками, длина которых кратна ширине захвата исполнительного органа комбайна.

Зная шаг посадки кровли и характер её обрушения, можно выбирать рациональные способы управления кровлей и тем самым избежать завалов лав.

Определения шага первичной посадки и характера разрушений непосредственной кровли для условий шахт ПО «Горезантрацит», ПО «Красноармейскуголь» показало хорошую сходимость результатов. Апробация на шахтах «Прогресс», «Заря», «Лесная» позволила определить шаг первичной посадки с ошибкой до 15% и приняв частичную закладку, избежать завалов лав.

Библиографические ссылки

1. Конлыбаева Ж.М. Закономерности сдвижения пород в массиве. – М.: Наука, 1968. – 108 с.
2. Болгожин Ш. А.-Г., Клиновицкий Ф.Н. Геомеханические условия охраны подготовительных выработок при отработке угольных пластов. – Алма-Ата: Наука, 1982. – 88 с.
3. Лобков Н.И., Носач А.К., Исаенков А.А., Казакова Е.И. Шахтные исследования деформации подготовительных выработок в зоне опорного давления: Сб. трудов региональной конф. «Наука-жизнь-производство». – Красноармейск: КФ., 1996. – с. 27-28.

УДК.622.673.6

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОТРЫВА ЖИДКОЙ ПЛЕНКИ И КАПЕЛЬ С ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ЖИДКОСТИ, РАСПОЛОЖЕННОЙ НА ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Заболотный К.С., Зиновьев С.Н.,
Национальный горный университет, Днепропетровск

При движении подъемных канатов в стволе шахты, на поверхности канатов оседает влага, которая находится в виде тумана и капель в атмосфере ствола. Разработано устройство для удаления влаги с поверхности каната [1], работа которого основана на захвате капель влаги, расположенных в виде пленки на поверхности каната движущимся вдоль каната воздушным потоком.

Дробление влаги потоком воздуха изучалось рядом исследователей экспериментально [2, 3] и теоретически. В большинстве теоретических работ, посвященных изучению распада струй, пленок и капель, применяется метод малых возмущений. Этот метод, широко используемый в механике при решении задач об устойчивости движения, заключается в том, что на основное течение жидкости накладываются колебания. Формально это выражается в том, что в уравнения гидродинамики вместо величин скоростей и давлений основного течения вводятся значения скоростей и давлений возмущенного движения, т.е. к параметрам основного течения добавляются малые возмущения.

Существует несколько направлений рассмотрения данного вопроса. Большинство считают, что дробление струи на капли связано с возникновением на поверхности жидкости волн, амплитуда которых быстро возрастает, что приводит к образованию и отрыву капель и пленок от поверхности жидкости, расположенной в виде пленки на смоченной поверхности. Источником возмущений, приводящим к волновым колебаниям пленки на поверхности раздела жидкости и газа, могут быть турбулентные пульсации в потоке воздуха и пульсации в пленке влаги.

Когда деформирующие жидкость силы превысят силы поверхностного натяжения, жидкость дробится на мелкие капли. Дробление наступает при достижении критерия деформации определенной величины, называемого также критерием Вебера:

$$We = \frac{\rho_v * W_{ov}^2 * d_{жс}}{\sigma_{жс}} \quad (1)$$

где ρ_v и W_{ov} – соответственно плотность и скорость воздуха относительно капли; $d_{жс}$ – характерный диаметр жидкости; $\sigma_{жс}$ – коэффициент поверхностного натяжения жидкости.

По физическому смыслу критерий We пропорционален отношению аэродинамического давления потока на каплю и давления поверхностного натяжения. Значение числа Вебера, при котором происходит дробление называют критическим.

В литературе рядом исследователей значения критической величины критерия We указываются от 2,6 до 20. Сравнительно широкий диапазон экспериментальных значений $We_{кр}$ для условия стационарного потока объясняется зависимостью этой величины от вязкости жидкости, характерного диаметра жидкости, а также от применявшегося при опытах метода определения относительной скорости жидкости.

Опытами доказано, что для сравнительно маловязких жидкостей критическое число Вебера зависит от ряда дополнительных критериев. Корсунов и Тишин [4] считают, что важнейшим являются критерии, характеризующие распределение сил давления и трения по поверхности жидкости – числа Рейнольдса и Маха:

$$R = \frac{\rho * (W_z - W_{жс}) * d_{жс}}{\eta}; M = \frac{W_z - W_{жс}}{a} \quad (2)$$

где a – скорость звука в газе; ρ – плотность жидкости; η – динамическая вязкость газа; W_z , $W_{жс}$ – соответственно скорость газа и жидкости.

Бородин и Детяткин [5] считают, что таким критерием является число Лапласа, которое влияет и на размер отрывающихся капель:

$$Lp = \frac{d * \sigma * \rho}{\eta} \quad (3)$$

где d – диаметр струи.

Действие вязкости жидкости на ее распад можно рассматривать с двух точек зрения. Во-первых, вязкие силы приводят к изменению основного течения – образуют пограничный слой, наличие которого должно приводить к изменению волнообразования. Во-вторых, вязкие силы могут оказывать непосредственное влияние на развитие возмущений при заданном профиле основного течения. При этом исследование устойчивости должно основываться уже не на уравнениях идеальной жидкости, а на уравнениях Навье–Стокса, что сильно усложняет исследование. Исследование Томатики [6] указывает на то, что такое влияние вязкости для не слишком вязких жидкостей очень мало.

Поскольку срыв жидкой пленки с поверхности жидкости зависит от развития пограничного слоя, то условие срыва пленки определяется отношением критериев We и Lp [7]

$$We \geq 2 Lp^{0.333} \quad (4)$$

что подтверждается опытными данными.

Следовательно, при определении возможности срыва капель и пленок с поверхностного слоя жидкости можно использовать модель:

$$We = \frac{\rho_v * W_{ов}^2 * d_{жс}}{\sigma_{жс}}$$

$$Lp = \frac{d * \sigma * \rho}{\eta}$$

$$We \geq 2 Lp^{0.333} \quad (5)$$

Библиографические ссылки

1. Заболотный К.С., Зиновьев С.Н. Анализ конструктивных решений по удалению влаги с головных канатов многоканатных подъемных машин со шкивами трения // Вібрації у техніці і технологіях: – 2000. № 4.
2. Волынский М.С. О дроблении капель в потоке воздуха // Докл. АН СССР. – вып. 3. 1948. – Т. XII.
3. Бухман С.В. Экспериментальное исследование распада капель. – Весн. АН КазССР. – 1954. – № 11.
4. Корсунов Ю.А., Тишын А.П. Экспериментальное исследования дробления капель жидкости при низких значениях чисел Рейнольдса. Изв. АН СССР. Механика жидкости и газа.–№ 2.– 1971.
5. Распыливание жидкостей. – М.: Машиностроение, 1967.
6. Распыливание жидкостей / Дитяткин Ю.Ф., Ключко Л.А., Новиков Б.В., Ягодкин В.И. – 2-е изд., доп. и перераб.– М.: Машиностроение, 1977.

УДК.622.831.24

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СКОРОСТИ ПОДВИГАНИЯ НА РАБОТУ ОЧИСТНОГО ЗАБОЯ

Лобков Н.И., Носач А.К., Бачурин Л.Л., Присяжный Д.Н.,
Красноармейский филиал ДонНТУ, Красноармейск

Вопросами влияния скорости подвигания очистного забоя на процесс выемки угля продолжительное время занимался ряд исследователей в области горного дела. Установлено, что изменение скорости влияет на поведение пород кровли в призабойном пространстве, на режим работы крепи, на выбор длины лавы и способ управления кровлей, обуславливает изменение организации труда.

Кравченко В.И. [1] установил, что быстрое подвигание забоя приводит к более интенсивному опусканию кровли, однако при этом опускание на один метр лавы уменьшается. С ускорением подвигания забоя трещиноватость в породах развивается медленнее, породы меньше деформируются, благодаря чему увеличивается устойчивость обнаженных пролётов кровли и улучшаются условия её управления. Кроме того, с уменьшением скорости подвигания увеличивается интенсивность отжима угля.

Давидянц В.Т. и Козелев Г.Л. указывают, что увеличение скорости подвигания очистного забоя в 2 раза (от 0,53 до 1,17 м/сут., и от 0,9 до 1,8 м/сут.) приводит к уменьшению опускания кровли на максимальном расстоянии от забоя при разных крепях и способах выемки на 34...41% и увеличению скорости опускания на 34...46% [2].

Проведенные в ВУГИ исследования на моделях из эквивалентных материалов показали уменьшение на 25..30% средней интенсивности, величины смещений кровли и нагрузок на крепь на расстоянии 3,6 м от забоя при увеличении скорости подвигания лавы с 1,8 до 7,2 м/сут. Дальнейшее увеличение скорости подвигания забоя до 15 м/сут., не даёт заметных изменений в проявлениях горного давления.

Аналитические исследования, проведенные Руппенейтом К.В., позволили установить, что смещения кровли интенсивно уменьшаются при увеличении скорости подвигания очистного забоя до 2..3 м/сут., дальнейшее увеличение скорости практически не влияет на величину смещений.

Исследованиями Дубова Е.Д. в шахтных условиях [3] подтверждена справедливость результатов аналитических исследований и показано, что увеличение скорости подвигания от 3..4 до 10..12 м/сут., практически не оказывают влияния на величину опускания кровли.

Исследуя проявления горного давления в лабораторных условиях

Медведчук В.Д., установил [4], что во всех случаях с увеличением скорости подвигания очистного забоя смещение кровли как впереди забоя, так и в призабойном пространстве уменьшается. Увеличение скорости подвигания с 1,3 до 20,7 м/сут., привело к уменьшению смещений кровли и почвы пласта на расстоянии 4 м от забоя в 4 раза. При изменении скорости подвигания очистного забоя в интервале 22,5..180 м/мес., наблюдается ряд изменений в поведении пород кровли. При малых скоростях подвигания (22,5..40 м/мес.) породы непосредственной кровли интенсивно расслаиваются над призабойным пространством, характер их обрушения резкий. С увеличением скорости подвигания до 90..180 м/мес. расслоение происходит менее интенсивно. Скорость подвигания забоя влияет и на обрушаемость пород в выработанном пространстве: при скорости подвигания лавы 0,45..2,7 м/сут., непосредственная кровля обрушалась вслед за передвижением крепи, при скорости 2,7..3,6 м/сут. наблюдалось лишь небольшое зависание непосредственной кровли на расстоянии 1..2 и редко 3 м от забоя. Оседание основной кровли происходило регулярно через 10..13 м подвигания лавы, независимо от несущей способности крепи. С увеличением скорости подвигания забоя расслоение пород над призабойным пространством замедляется, этот процесс перемещается в выработанное пространство, где зависающие за крепью консоли породных слоев удлиняются, а высота беспорядочного обрушения непосредственной кровли уменьшается. При подвигании забоя 8,1 м/сут., обрушение непосредственной кровли происходило на высоту 2,5 м, а при скорости 20,7 м/сут., при той же крепи – на высоту 1,5 м. Выше зоны обрушения непосредственная кровля оседала блоками, шарнирные связи между ними при этом сохранялись. Максимум концентрации опорного давления с увеличением скорости подвигания увеличивается и приближается к забою, увеличивается и шаг посадки основной кровли. При скорости 20,7 м/сут., осадка основной кровли уподобляется плавному прогибу. Трещины разлома в основной кровле развивались над линией забоя и не всегда пересекали основную кровлю по всей мощности. В случае пересечения её образовавшийся блок не успевал сместиться в сторону призабойного пространства и оседал лишь в 15..20 м от забоя. При интенсивном подвигании лавы смещений основной кровли над призабойным пространством не наблюдалось.

На зависимость характера разрушения пород впереди очистного забоя в зоне опорного давления от скорости подвигания лавы указывается в работе [5].

Влияние скорости подвигания очистного забоя на устойчивость пород кровли наблюдалось и зарубежными исследователями [6]. Во Франции при струговой выемке пласта “Аделенд” при скорости подвигания забоя 2,5..3 м/сут., нижний слой кровли, представленный аргиллитом легко отслаивался. С увеличением скорости подвигания до 5..7 м/сут., отслаивание прекратилось, характер обрушения вышележащих слоёв оставался без изменения. Аналогичные явления наблюдались на шахте №8 (США) при выемке пласта “Покахонтас”, где средняя скорость подвигания лавы составляла 6,7 м/сут.

Приведенные выше результаты исследований позволяют сделать вывод, что увеличение скорости подвигания очистного забоя ведёт к:

- 1) уменьшению трещинообразования и отжима угля в призабойной части пласта;
- 2) уменьшению трещинообразования в породах кровли;
- 3) уменьшению смещения пород кровли;
- 4) уменьшению расстояния от груди забоя до максимума опорного давления;
- 5) увеличению шага первичной и вторичных посадок кровли.

Уменьшение скорости подвигания забоя менее 2 м/сут, ведёт к разрушению породы непосредственной кровли в зоне опорного давления на крупные блоки при $[\sigma_{сж}] > 50$ Мпа и на мелкие фракции при $[\sigma_{сж}] < 50$ Мпа.

Проведенные исследования позволяют представить следующую физическую картину.

В равных горно-геологических и горнотехнических условиях разработки увеличение скорости подвигания возможно за счёт уменьшения длины лавы. При этом уменьшается высота зоны сдвига пород кровли и соответственно число породных слоёв, участвующих в формировании опорного давления. Уменьшается величина опорного давления и время действия повышенных напряжений в кровле пласта. Это в свою очередь препятствует разрушению кровли впереди забоя и уменьшает величину конвергенции пород в призабойном пространстве.

Значительное уменьшение длины лавы ведёт к увеличению объёма подготовительных работ. В этих случаях эффективным становится применение способов управления кровлей с закладкой выработанного пространства.

Разработка и внедрение параметров выемки угля с увеличением скорости подвигания лавы и частичной закладкой выработанного пространства на шахтах ПО «Горезантрацит», показали их эффективность, что позволяет считать верным представление о физических процессах в кровле пласта при увеличении скорости подвигания очистного забоя.

Библиографические ссылки

1. Кравченко В.И. Безопасность при управлении горным давлением в лавах пологих пластов.– М.: Недра, 1975.– 221 с.
2. Давидянец В.Т., Козелев Г.Л. Измерения проявлений горного давления на шахтах Донецкого бассейна.– М.: Углетехиздат, 1952.– 116 с.
3. Дубов Е.Д. Исследования в шахтных условиях взаимодействия механизированных крепей с боковыми породами на пологих пластах Донецкого бассейна: Автореф. дисс.... канд. техн. наук. – Донецк, 1967.– 20 с.
4. Медведчук Н.Д. Влияние скорости подвигания очистного забоя на проявление горного давления при выемке угольных пластов: Автореф. дисс.... канд. техн. наук.– Донецк, 1968.– 27 с.
5. Лобков Н.И. Определение основных параметров управления кровлей при разработке пластов в сложных условиях глубоких шахт Донбасса: Автореф. дисс.... канд. техн. наук.– Донецк, 1985.
6. Международная конференция по горному давлению/Пер. с фр.–М.: Углетехиздат, 1957.– 414 с.

УДК 622.831.322

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ПОРОД И СТЕПЕНИ МЕТАМОРФИЗМА НА ГАЗОПРОНИЦАЕМОСТЬ ВЫРАБОТАННОГО ПРОСТРАНСТВА

Носач А.К., Кольчик Е.И., Исаенков А.А.,
Донецкий национальный технический университет, Донецк

Газопроницаемость выработанного пространства оказывает большое влияние на газовую обстановку выемочного участка. С увеличением проницаемости возрастает поступление метана в действующие выработки, увеличиваются утечки воздуха через выработанное пространство (особенно при сплошной системе разработки).

Известно, что с ростом степени метаморфизма увеличивается прочность вмещающих угольные пласты пород [1]. Прочные породы обрушаются в выработанное пространство блоками и глыбами больших размеров. Уплотнение таких пород происходит очень долго. В связи с этим выработанное пространство обладает высокой проницаемостью.

В Донбассе свиты угольных пластов в разных районах имеют различную степень метаморфизма. Так, в пластах «Алмазной» и «Горловской» свит степень метаморфизма изменяется от Д до А и даже до высокометаморфизованных антрацитов.

Исследованиями, выполненными в МакНИИ и ДонНТУ, установлено, что при прочих равных условиях величина утечек воздуха зависит от прочности пород кровли, которая в свою очередь зависит от степени метаморфизма. Так, с увеличением расстояния от забоя наблюдается уменьшение утечек воздуха за счет уплотнения обрушившихся пород. Так, на шахте «Кировская» при разработке пласта лавой длиной 200 м по сплошной системе разработки утечки воздуха практически прекращаются на расстоянии 100...150 м. Основной дебит (до 90%) утечек воздуха происходит на участке до 100 м от забоя. Аналогичные результаты в Донецко-Макеевском районе получены в МакНИИ [2].

При отработке пласта m_3 с маркой угля Д на шахте «Россия» утечки воздуха через выработанное пространство прекращаются на расстоянии 80...100 м.

На шахтах, разрабатывающих антрацитовые пласты (шахты «Постниковская», им. Лагутина) утечки воздуха происходят на большем расстоянии от забоя лавы и практически прекращаются на удалении от забоя на 150...200 м. В случае отработки высокометаморфизованных антрацитов уплотнение массива происходит на участке 400...500 м от забоя лавы при прочности пород 80–110 МПа [3]. Из сказанного видно, что с увеличением степени метаморфизма уплотнение обрушающихся в выработанном пространстве пород происходит менее интенсивно. Это объясняется увеличением их прочности.

В руководстве по проектированию вентиляции угольных шахт по составу пород определяется коэффициент утечек воздуха через выработанное пространство следующим образом [3]:

для песчаников $k_{o,з} = 1,3$;

для песчаных сланцев $k_{o,з} = 1,25$;

для глинистых сланцев $k_{o,з} = 1,2$;

для сыпучих пород $k_{o,з} = 1,05$.

Данная методика не предусматривает учет изменения прочности пород в зависимости от степени метаморфизма. Поэтому при расчете газовыделения из выработанного пространства возникают отклонения расчетных значений от фактических. Согласно данным ДонУГИ, одни и те же породы, но в различных угленосных районах имеют различную прочность [1] (см. табл. 1).

Таблица 1. Изменение прочности пород от степени метаморфизма

Тип пород	Предел прочности пород на одноосное сжатие (МПа) при марках угля					
	Д	Г	Ж	К	ОС, Т	ПА, А
Аргиллиты	28	35	43	44	49	55
Алевролиты	44	53	62	60	64	77
Песчаники	43	54	84	110	96	130

В результате обработки газовоздушных съемок, проведенных на шахтах Донбасса, установлено, что протяженность неуплотненной зоны обрушенных пород в выработанном пространстве, через которую происходят утечки воздуха, зависит от прочности пород и скорости подвигания очистного забоя. Эта зависимость описывается уравнением

$$L = 4,5\sigma - 2,5V + 5, \quad (1)$$

где L – протяженность зоны неуплотненных пород, через которые происходят утечки воздуха, м; σ – средний предел прочности пород на одноосное сжатие, МПа; V – скорость подвигания очистного забоя, м/сут.

Величина утечек воздуха существенно зависит от протяженности зоны неуплотненных пород и расхода воздуха в очистном забое и может быть определена по формуле

$$Q_{ут} = 0,0009 \cdot L \cdot Q_{o,з}, \quad (2)$$

где $Q_{ут}$ – величина утечек воздуха, м³/мин; $Q_{o,з}$ – расход воздуха в лаве, м³/мин.

Общий расход воздуха на выемочном участке при сплошной системе разработки будет равен

$$Q_{уч} = Q_{o,з} + Q_{ут}, \quad (3)$$

Подставив в формулу (3) значения формул (1) и (2) получим

$$Q_{уч} = Q_{o,з} \left[1 + 9 \cdot 10^{-4} \cdot (4,5\sigma - 2,5V + 5) \right], \text{ м}^3/\text{мин}. \quad (4)$$

Реализация полученных зависимостей может значительно повысить точность расчетов количества воздуха для проветривания выемочных участков.

Библиографические ссылки

1. Овчаренко Б.П., Шамаева М.П. Методы прогнозирования физико-математических свойств пород среднего карбона юго-западной части Донецкого бассейна // Совершенствование техники и

- технологии добычи угля на тонких и наклонных пластах. – Донецк: ДонУГИ, 1975.– Вып.55. – С. 221–224.
2. Касимов О.И., Балинский Б.В. Эффективность применения газоотсасывающих установок в условиях сплошной системы разработки и возвратноточной схемы проветривания // Борьба с газом, пылью и выбросами в угольных шахтах. – Макеевка, 1971. – Вып.7. – С. 33–41.
 3. Носач А.К., Кольчик Е.И., Нестеренко В.Н., Кольчик И.Е. Исследование распределения давления и утечек воздуха при изолированном отводе газа: Материалы науч.-практ. конф. «Наука–жизнь–производство 2001». –Красноармейск: КФ ДонГТУ, 2001.–С. 8–12.
 4. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт. – К.: Основа, 1994. – 311 с.

УДК 622.016

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СРЕДСТВ ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ТРАНСПОРТА В ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТКАХ С АНКЕРНЫМ КРЕПЛЕНИЕМ

Ширин Л.Н., Посунько Л.Н.,
Днепропетровский национальный университет, Днепропетровск
Сидоренко Г.П., шахта «Павлоградская», Павлоград

Горно-подготовительные работы являются основным технологическим звеном в общем комплексе добычи угля, главной задачей которого является современное и с минимальными затратами воспроизводство очистного фронта. Требуемая скорость проведения подготовительных выработок оказывает значительное влияние на выбор оборудования и технологических схем транспортирования [1]. Увеличение скорости проведения выработок ведет к улучшению технико-экономических показателей проходки, однако вместе с этим оно связано с более интенсивным выполнением основных и вспомогательных операций и их совмещением, повышением концентрации оборудования и увеличением количества обслуживающего персонала.

Крепё горных выработок является основным техническим средством обеспечения их надёжности и безопасности. Фундаментальные исследования последних лет показывают, что альтернативной поддерживающему и подпорному креплению и принципиально новой идеологией может быть технология опорного крепления, суть которой сводится к созданию в приконтурном массиве системы высокопрочных опор, блокирующих смещение пород в выработку. Инструментом для реализации технологии является сталеполимерные анкера нового технического уровня с несущей способностью 250 – 500 кН и более. Государственная программа «Анкер» предусматривает широкое внедрение на шахтах новых видов анкерной крепи, средств ее возведения и контроля в целях снижения расхода металлопроката, бетона, леса; в 3-6 раз повышения производительности труда при креплении выработок и в 2-3 раза темпов их проведения.

В каменноугольной промышленности Германии [2] успехи, достигнутые на шахтах, обусловили дальнейшее расширение использования систем анкерного крепления. В 1999 году около 25 % всех пластовых штреков проводили с системной или комбинированной анкерной крепью [2].

По программе «Анкер» начато внедрение анкерного крепления в различных горно-геологических условиях на шахтах Украины. В мае 2001 года на шахте «Павлоградская» Государственной холдинговой компании (ГХК) «Павлоградуголь» приступили к проведению 551 сборного штрека с анкерным креплением. Сечение выработки – прямоугольное (рис. 1а), ширина - 4,5 м, высота – 3 м. Бока выработки, с целью изучения поведения боковых пород в массиве, временно не крепились.

Прохождение первых метров показало, что в месте установки анкерного крепления исчезли боковые деформации пород, которые при традиционном арочном креплении достигали 0,15 м по каждому борту. Кровля выработки приобрела большую устойчивость, прекратились отслаивания. Почва штрека, закрепленного арочной крепью, сразу после проходки была поддута до 0,70 м (рис. 1б), в то время как на анкерном креплении следов пучения пород почвы не обнаружено.

Анализ затрат при проведении 551 сборного штрека показал, что затраты на арочное крепление крепью КШПУ – 11,1 составили 984,12 грн., а при анкерном – 669,55 грн. на 1 пог.м.

Зарубежный опыт проведения выработок прямоугольного поперечного сечения при креплении их анкерами показал возможность увеличения темпов проходки в среднем до 15 м/сутки. Для

обеспечения таких темпов проходки необходимо предусмотреть внедрение надежных средств транспорта и прогрессивных технологических схем ведения горных работ.

Современные проходческие комбайны (4ПП2М, ГПКС, П110) обеспечивают высокие темпы проведения пластовых подготовительных выработок (не менее 250 метров в месяц). Однако, применяемые при проходке транспортные средства либо не могут обеспечить требуемые при этом грузопоток и безопасность работ (электровозная откатка), либо требуют усложнения схемы транспортирования, увеличения сечения выработок и повышения трудоемкости работ на вспомогательном транспорте (конвейерный транспорт). Опыт применения монорельсовых дорог показал, что цепи в процессе эксплуатации удлиняются, а многие другие элементы деформируются. Для увеличения грузоподъемности дороги необходимо усовершенствовать конструкцию монорельсового пути и его стыковых элементов.

Одним из основных, с точки зрения экономической целесообразности, требований к горнопроходческим транспортным установкам [3] является соблюдение полной преемственности транспорта горной массы и вспомогательного транспорта при проходке и последующей эксплуатации выработки, то есть использование при проходке таких транспортных средств, которые в дальнейшем остаются в выработке на весь технологический срок её службы.

Вторым требованием является совмещение в одной установке функций транспорта горной массы, вспомогательных материалов и людей.

В этих условиях перспективным для транспортирования горной массы, материалов, оборудования людей являются канатные напочвенные дороги (ДКН), которые могут использоваться в подготовительных выработках с анкерным креплением. На шахте «Павлоградская» в 1985 г. начато освоение технологии проведения горных выработок с использованием ДКН [3]. За это время накоп-

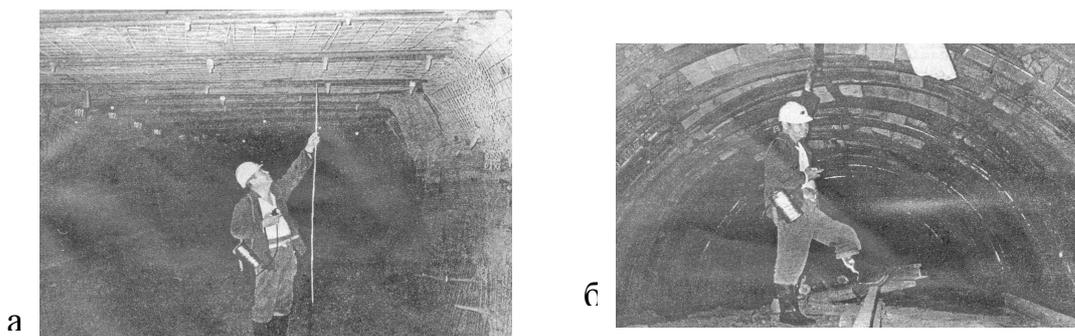


Рис. 1. Сборный штрек шахты «Павлоградская» закрепленный анкерной крепью (а), арочной крепью (б)

лен опыт их эксплуатации. Этот вид транспорта успешно конкурирует с другими традиционными транспортными средствами при проходке выработок (локомотивами, концевой откаткой, конвейерами), внедрение которых в сложных горно-технических условиях Западного Донбасса затруднено, малоэффективно или невозможно.

Для эффективного и безопасного использования канатных напочвенных дорог при проведении горных выработок необходимо разработать технологические схемы производства и организации работ в подготовительном забое. При этом одним из главных условий является возможность сведения к минимуму числа транспортных операций и средств, их обеспечивающих. С этой точки зрения ДКН имеет преимущество перед конвейерным транспортом в том, что горная масса, без перегрузки доставляется в вагонах из подготовительного забоя в околоствольный двор, погрузка партий вагонов и транспортирование ее осуществляется одной установкой, т.е. из технологии исключаются операции по транспортировке горной массы конвейером и последующей ее погрузки на вагоны в устье выработки.

Аналитические расчеты и опыт эксплуатации ДКН на шахте «Павлоградская» показывают, что возможности данного транспортного средства на этом не ограничиваются: есть резервы роста темпов проходки, которые связаны с организацией работ и совершенствованием конструкции напочвенных дорог, удовлетворяющих требованиям технологического цикла проходки [4]. Для широкого внедрения ДКН в роли единого горнопроходческого транспортного средства при проведении выработок с анкерным креплением необходимо проанализировать условия их применения, разработать технологические схемы в различных горно-геологических условиях, обосновать ос-

новые параметры, усовершенствовать конструкцию отдельных узлов, увеличить устойчивость транспортного средства и надежность системы аварийной остановки напочвенной дороги при порыве тягового органа.

Библиографические ссылки

1. Мухин А. В., Сидоренко Г. П. Проведение и крепление выработок на шахтах Западного Донбасса // Уголь Украины. – 2000. – № 9. – С. 24 – 25.
2. Особенности применения анкерной крепи на высокопроизводительных добычных участках в аспекте международного сравнения / У. Рупель, К. Ополони // Глюкауф. – 2000. -№2(3). – С. 31 – 37.
3. Смагин В.И., Сидоренко Г. П., Денищенко А.В. Опыт эксплуатации канатных напочвенных дорог на шахте “Павлоградская” // Уголь Украины. – 1989. - № 3. – С. 25 – 27.
4. О совершенствовании канатных напочвенных дорог / Л. В. Колосов, А.В. Денищенко, А.В.Мухин, Г. П. Сидоренко // Уголь Украины.– 1998. - №10. – С. 41 –43.

ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИВОДА ШАХТНОГО ЛОКОМОТИВА С ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИМ ПЕРЕДАТОЧНЫМ МЕХАНИЗМОМ

Зиборов К.А., Национальный горный университет, Днепропетровск

Современные горные машины, предназначенные для одновременного выполнения различных по характеру операций и представляющие собой многоагрегатные конструкции, имеют сложные кинематические схемы с различными передаточными механизмами привода.

Для шахтного локомотива эффективность тягового привода зависит от динамической согласованности параметров и характеристик звеньев передаточного механизма и фрикционной пары колесо-рельс. При этом он должен обладать не только требуемыми динамическими качествами по воздействию на путь и узлы его обрессоренной части, плавности хода, но и обеспечивать максимально возможные в пределах мощности двигателя тяговые свойства.

Основные свойства гидрообъемных передач удовлетворяют требованиям локомотивной тяги, как по перегрузочной способности, так и простоте осуществления плавного пуска, изменению направления движения и торможению. В то же время эти передачи обеспечивают простыми средствами работу приводного электродвигателя в режиме постоянной мощности, что имеет большое значение для поддержания безопасности проведения транспортных операций и снижения энергозатрат на перевозку груза.

Задачу выбора параметров элементов привода предлагается решить с использованием результатов динамического расчета системы тяговой двигатель - передаточный механизм - рельсовый путь. Поэтому целесообразно объединить в единый взаимосвязанный комплекс процедуры динамического анализа (оценки динамических свойств) и синтеза (оптимизации) параметров рассматриваемых систем.

В зависимости от характера частных решаемых задач при выборе параметров элементов рассматриваемой гидромеханической (гидравлической) системы можно сформулировать различные критерии оптимизации в виде соответствующих функционалов.

При ограничениях в виде неравенств на координаты, скорости, токи двигателя, сопротивления реостатов, параметры регулирования гидропривода минимизация указанной целевой функции позволяет получить компоненты вектора оптимальных параметров передаточного механизма и тягового привода, обеспечивающие реализацию локомотивом максимальной силы тяги, вследствие снижения динамического воздействия колесных пар на путь, уменьшение энергозатрат на транспортирование груза и повышение безопасности работ.

ХВИЛЬОВІ ПРОЦЕСИ В ПРИВОДАХ З ЛАНЦЮГОВИМИ ТА ПАСОВИМИ ПЕРЕДАЧАМИ

Ярошенко В.Ф., Національний аграрний університет, Київ

У статті розглянуто динамічні явища в пасових передачах приводів машин гірничо-металургійного комплексу з врахуванням коливань несучих конструкцій цих машин, що виникають при виконанні операцій технологічного циклу.

Складено математичну модель роботи клинопасової передачі, що має такий вигляд:

$$\frac{EJ}{F} \frac{\partial^4 y}{\partial x^4} - (\sigma - \rho v^2) \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} + \rho \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} + 2\rho v \frac{\partial^2 y}{\partial x \partial t} = \rho V(x) \omega^2 \sin \omega t,$$

де E - зведений модуль пружності паса; F - площа поперечного перерізу паса; J - зведений момент інерції поперечного перерізу паса; σ - напруження розтягу в поперечному перерізі паса;

ρ - погонна маса паса, розділена на площу його поперечного перерізу; v - швидкість руху паса; x - координата вдовж паса; y - поперечна деформація паса; t - координата часу; $V(x) \sin \omega t$ - переміщення конструкції машини гірничо-металургійного комплексу; ω - частота власних коливань цієї машини.

Проведені аналітичні дослідження дозволяють зробити висновок, що для зменшення впливу коливань несучих конструкцій машин гірничо - металургійного комплексу на довговічність та надійність пасових передач слід виконувати або віброізолювання робочих органів, приводів та несучих конструкцій, або застосовувати більш широко зрівноважування роботи механізмів та активне вібраційне гасіння.

Запропоновано також нову конструкцію зірочки ланцюгової передачі, яка дозволяє зменшити динамічні навантаження в приводах з багаторядними ланцюгами при заміні їх однорядними або підвищити передавану потужність в 1,7; 2,5 та 3,0 рази порівняно з однорядними при однакових лінійних швидкостях, якщо застосувати два, три або чотири однорядних ланцюги. Запропонована зірочка укомплектована пружним демпфуючим елементом у вигляді гумових елементів пальчикового типу.

Користуючись методом С.М. Кожевнікова ланцюгову передачу з удосконаленими зірочками розглянуто як багатомасову розгалужену динамічну модель з демпфуючими елементами. Після проведення динамічних розрахунків підбирають такі параметри передачі з однорядними ланцюгами, що дозволять виключити резонансні коливання в приводах машин з пружними ланками, а застосування запропонованих зірочок дозволить виключити більш дорогі багаторядні. Ланцюгові передачі з такими зірочками створюють у $\sqrt{2}$ та $\sqrt{3}$ разів менші динамічні навантаження, ніж у передачах, відповідно, з дворядними та трирядними ланцюгами і, крім того, мають кращі амортизуючі властивості.

АДАПТАЦИЯ ВЫПУСКНИКОВ МЕХАНИКО–МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ФАКУЛЬТЕТА НГУ К НАУЧНО–ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ РАБОТЕ

Блохин С.Е., Сердюк А.А., Национальный горный университет, Днепропетровск

В настоящее время 90% аспирантов по специальностям «Горные машины», «Динамика и прочность машин» составляют выпускники механико–машиностроительного факультета (ММФ) НГУ. При подготовке диссертационных работ молодые ученые и аспиранты используют методические разработки профессора Б.А.Кузнецова «Первые шаги в науке». Но в связи с бурным развитием вычислительной техники и прикладных программ, сложностью проведения масштабных экспериментов работа аспирантов нуждается в дополнительной корректировке и методической поддержке.

На основе опыта подготовки диссертационных работ на ММФ НГУ по специальностям «Горные машины», «Динамика и прочность машин» предлагается следующее содержание

основных этапов работы аспиранта над диссертацией с учетом их связи с учебным процессом.

При выборе темы кандидатской диссертации необходимо учитывать преемственность и развитие проведенных на кафедре исследований, что обеспечивает достаточно полный объем начальных данных при изучении локальной составной части исследуемого объекта с известными связями и многовариантность решения поставленной задачи. Для сокращения сроков подготовки диссертации тематика курсовых работ и дипломных проектов должна соответствовать будущей диссертационной работе аспиранта.

Создание физической модели исследуемого объекта должно быть основано на разработке нового технического решения и получении патента, цель которого совпадает с целью диссертационной работы.

Основной этап при работе над диссертацией – разработка и исследование математической модели с выбором и обоснованием допущений на основании решения тестовых задач для усеченных моделей. Решение рассматриваемых задач динамики механических систем и механики сплошной среды предполагает умение решать дифференциальные уравнения в частных производных с использованием численных и аналитических методов, пакетов прикладных программ и языков программирования высокого уровня.

Для быстрого проведения и уменьшения объема экспериментальных исследований, корректировки математической модели при ее апробации выбор объекта для экспериментальных исследований и регистрируемых параметров необходимо проводить после предварительного изучения поведения математической модели при реальных условиях эксплуатации.

Достижение поставленной в диссертации цели осуществляется на основе выбора критериев качества функционирования и определения рациональных или оптимальных параметров рассматриваемой механической системы. Нахождение рациональных или оптимальных параметров, режимов и т.д. проводят путем создания алгоритма или решения задачи оптимизации.

Экспериментальные методы исследований механических систем, решение задач механики сплошной среды и оптимизации, не входят в учебный план ММФ, поэтому для аспирантов специальностей «Горные машины», «Динамика и прочность машин» необходимо ввести соответствующие курсы или стажировку в учебных центрах. С целью корректировки объема и содержания исследований, полноты публикаций и апробации работа над диссертацией должна проходить при методической поддержке ученого секретаря специализированного совета.

Приведенный анализ раскрывает методологию выбора темы диссертации, последовательность проведения теоретических и экспериментальных исследований, выбор и определение рациональных параметров, а также возможности улучшения подготовки научно-педагогических кадров ММФ НГУ.

УДК 621.01

ПОГРЕШНОСТИ ПРИ БАЛАНСИРОВКЕ РОТОРОВ ПО МЕТОДУ ДВУХ ПУСКОВ

Зюзь В.Н., Национальный горный университет, Днепропетровск

Балансировка деталей и узлов является заключительным этапом технологического процесса изготовления и сборки машин. Нами установлено, что одним из источников погрешностей в применяемых методах балансировки является место расположения пробных грузов в плоскостях коррекции по отношению к расположению приведенной неуравновешенной массы балансируемого объекта. До настоящего времени место установки пробного груза ничем не регламентировалось и рекомендовалось выбирать его произвольно.

Существенным является то, что при первом балансировочном цикле эти погрешности невозможно как-то уменьшить или компенсировать потому, что до проведения первого цикла балансировки неизвестно место расположения приведенной неуравновешенной массы ротора, а значит и невозможно определить рациональное место установки пробного груза по отношению к ней.

В качестве базового (эталонного) метода балансировки был принят метод балансировки ротора обходом пробным грузом (метод амплитуд) как наиболее точный Угол начального дисбаланса относительно 1-й точки, нанесенной на роторе, составил $\varphi = 21,5^\circ$. при величине уравновешивающей массы $m_y = 28,0$ г.

Для выявления погрешностей балансировки метода двух пусков в зависимости от места установки пробного груза одновременно с измерением амплитуд вибраций (по методу обхода пробным грузом) измеряли в каждой точке роторного колеса и фазу колебаний опоры стробоскопической лампы. Для каждой точки вычисляли величину уравнивающей массы и место ее установки.

Первая группа погрешностей связана с неточностью определения величины уравнивающей массы. Погрешность определения величины уравнивающей массы для каждой точки вычисляли по модулю отношения величины этой массы, определенной по методу двух пусков, к эталонной уравнивающей массе, определенной по методу амплитуд.

Анализ этой кривой в полярных координатах показал, что наибольшие погрешности наблюдаются в направлении размещения неуравновешенной массы, несколько меньшие - в противоположной части (в легком месте) ротора. Наименьшие погрешности наблюдаются при размещении пробного груза на поперечном от неуравновешенной массы направлении в точке 5 (10,4 %) и в точках 9...12 (5...0 %).

Вторая группа погрешностей связана с неточностью определения места размещения уравнивающей массы, вызывающая возникновение новой равнодействующей силы. Возникающая при этом погрешность определялась как отношение новой возникающей равнодействующей силы к величине неуравновешенной массы ротора (в процентном отношении). Наименьшие погрешности наблюдались при установке пробного груза в поперечном по отношению к неуравновешенной массе ротора месте.

Максимальные значения суммарной погрешности балансировки, возникающей от неточности определения уравнивающей массы и угла ее установки на роторе достигают 85...90 % в секторе в котором размещена неуравновешенная масса ротора, минимальные - 11...16,5 % в точках, отстоящих от легкого места на угол $70 \pm 10^\circ$.

Таким образом, для максимального уменьшения погрешностей балансировки при втором и последующих циклах добалансировок, пробные грузы необходимо устанавливать под углом $70 \pm 10^\circ$ от легкого места. Это позволит на 70...80 % снизить погрешность балансировки, возникающей из-за неправильного выбора места установки пробного груза, и сократить количество балансировочных циклов ротора.

УДК 621.876.12

ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ТРАНСПОРТ ДЛЯ ГЛУБОКИХ КАРЬЕРОВ

Сердюк А.А., Старченко Е.В., НГУ, Днепропетровск

Калашников О.Ю. ЗАО НКМЗ, Краматорск

Круто-наклонные конвейеры (КНК)- конвейеры, способные транспортировать под углами наклона, превышающими предельный угол наклона (около 18°) традиционных ленточных конвейеров, которые широко применяются на горных предприятиях. Наиболее эффективно применение КНК на карьерах. Это связано с тем, что объем перемещаемой горной массы на карьерах больше чем на других горных предприятиях. На крупных предприятиях объемы перемещаемой горной массы достигают 150-200 млн. тонн в год, а протяженность транспортных коммуникаций достигает порой 50 км.

Транспортные схемы на большинстве крупных карьерах сформировались в конце 60-х или 70-х годов, когда не учитывалась экологическая безопасность того или иного вида транспорта. В настоящее время карьеры достигают глубины 300-400 м, и применяемый в данном случае автотранспорт становится экономически неэффективным и, кроме того, негативно влияет на окружающую среду (загазованность атмосферы достигает такого уровня, что карьеры приходится останавливать до 1000 и более часов в год, что ведет к значительным экономическим потерям; наряду с этим экологические службы тщательно следят за выполнением предприятиями своих обязанностей в отношении охраны окружающей среды, а невыполнение их влечет за собой огромные штрафы, что также влияет на стоимость производства); кроме того, транспортирование автотранспортом с больших глубин занимает 65% и более времени рейсов.

Таким образом в условиях продолжающегося поиска альтернативных видов транспорта интерес

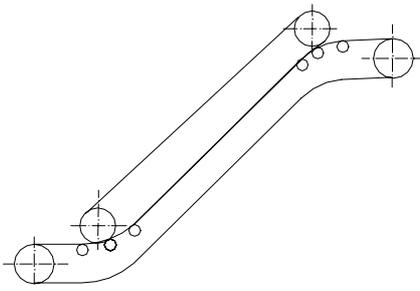


Рис. 1.

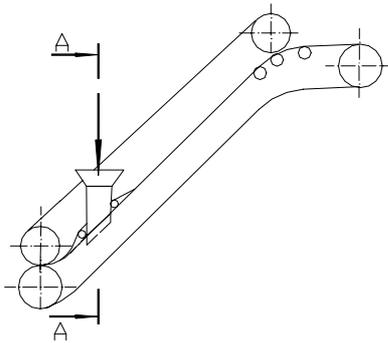


Рис. 2

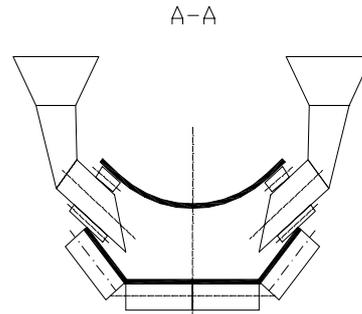


Рис. 3.

представляют как традиционные конвейеры (до 18°), так и КНК, которые позволяют уменьшить длину транспортирования и изменить экологическую ситуацию на карьерах. Применение КНК позволяет снизить себестоимость транспортирования, по сравнению с автотранспортом) в 1.5 раза.

Анализ существующих и предложенных предложенных конструкций КНК показал, что несмотря на относительную сложность конструктивной схемы конвейера с прижимной лентой является единственным типом крутонаклонного конвейера, обеспечивающего высокую (более 5000 т/ч) производительность при углах подъема более 30° и большую (более 500 м) длину транспорти-

рования в одном ставе, так как прижимная лента берет на себя значительную долю тяговых усилий (до 30-40 %). Конвейер имеет два контура: грузонесущий и прижимной. Ленты с двух сторон закрывают транспортируемый груз. Удержание груза на крутонаклонной части осуществляется составляющей веса прижимной ленты и прижимными устройствами. Величина прижимного усилия зависит от угла наклона конвейера, физико-механических характеристик груза и производительности. Конструкция конвейера позволяет установить привод на каждую ветвь, что дает возможность снизить нагрузку на грузонесущей ленте на 30-40%.

В настоящее время стоит вопрос о создании новых методик расчета КНК с прижимной лентой, которые позволят производить расчет и проектирование КНК с учетом наиболее важных факторов, влияющих на их работу.

Были разработаны многочисленные конструктивные схемы таких конвейеров и единичные их образцы, показавшие как жизнеспособность такого вида конвейера, так и проблемы, возникающие при создании последнего. Накопленный опыт показал, что увеличение давления на прижимную ленту батареей обрешеченных роликов, расположенных поперек ленты на некотором расстоянии друг от друга, обуславливает дискретную нагрузку на ленту, лежащую на крупных абразивных кусках, а, следовательно, и повышенный износ ее. Это послужило одной из причин отказа от использования КНК с прижимной лентой в 50-60-х годах.

Другая проблема, возникшая при создании конвейера, это узел загрузки. Загрузочный комплекс должен обеспечить прием материала на слабонаклонной части ($10-15^\circ$) и "успокоения" его до перехода под прижимную ленту. Увеличение угла наклона с $10-15^\circ$ до более крутого не может осуществляться мгновенно и должно быть плавным во избежание перенапряжения ленты. В таком случае радиус переходной кривой достигает значительных величин, что ведет за собой увеличение габаритов конвейера (рис. 1). На участке перехода, как лента, так и роlikоопоры испытывают дополнительные нагрузки; также на данном участке могут наблюдаться просыпи груза.

На данный момент авторами предложено решение данной технической задачи, а именно - новый способ распределения нагрузки прижимной ленты к грузонесущей ленте, что обеспечивает стабильность, увеличение производительности и избежание при этом просыпей груза. Также есть предложение по поводу того, как можно производить загрузку горной массы на конвейер, исклю-

чив при этом слабонаклонный участок, а, следовательно, уменьшить габариты конвейера. Идея состоит в том, чтобы производить загрузку непосредственно на наклонный участок (рис. 2 и рис. 3). В предлагаемом варианте в месте загрузки лента приподымается с двух сторон и в этих местах устанавливаются загрузочные лотки (см.рис.3). При этом они должны быть установлены таким образом, чтобы поступающая на ленту горная масса была направлена в направлении движения ленты.

УДК 621.01

ПОГРЕШНОСТИ ПРИ БАЛАНСИРОВКЕ РОТОРОВ ПО МЕТОДУ ТРЕХ ПУСКОВ (ЧЕРЕЗ 120 ГРАДУСОВ)

Зюзь В.Н., Национальный горный университет, Днепропетровск

Балансировка деталей и узлов является заключительным этапом технологического процесса изготовления и сборки машин. Нами установлено, что погрешности в применяемых методах балансировки могут обуславливаться выбором места расположения пробных грузов в плоскостях коррекции по отношению к расположению приведенной неуравновешенной массы балансируемого объекта. До настоящего времени место установки пробного груза ничем не регламентировалось и рекомендовалось выбирать его произвольно.

В качестве базового (эталонного) метода балансировки был принят метод балансировки ротора обходом пробным грузом (метод амплитуд) как наиболее точный Угол начального дисбаланса относительно 1-й точки, нанесенной на роторе, составил $\varphi = 21,5^\circ$. а величина уравнивающей массы $m_y = 28,0$ г.

Для выявления погрешностей, возникающих при балансировке по методу трех пусков и зависящих от места установки пробного груза, были использованы данные измерения амплитуд вибраций всех 12 точек по эталонному методу. Используя эти данные для каждой точки вычисляли величину уравнивающей массы и место ее установки по методу трех пусков при расположении пробных грузов через 120 градусов.

Первая группа погрешностей связана с неточностью определения величины уравнивающей массы. Погрешность определения величины уравнивающей массы для каждой точки вычисляли по модулю отношения величины этой массы, определенной по методу трех пусков, к эталонной уравнивающей массе, определённой по методу амплитуд (в процентах).

Анализ построенного в полярных координатах графика показал, что он имеет вид трехлучевой фигуры. Наибольшие погрешности наблюдаются в направлении 4-ой, 8-й и 12-й точек (по 116 %) при размещении неуравновешенной массы между 1-й и 2-й точками. Наименьшие погрешности оказались в 1-й, 5-й и 9-й точках (по 23,9 %).

Вторая группа погрешностей связана с неточностью определения угла размещения уравнивающей массы, вызывающая возникновение новой равнодействующей силы. Возникающая при этом погрешность определялась как отношение величины новой возникающей равнодействующей силы к величине неуравновешенной массы ротора (в процентном отношении).

Наименьшие погрешности наблюдались при установке пробного груза в 3 и 11 точках (7,9 и 11,3 % соответственно), а наибольшие - в районе размещения неуравновешенной массы в районе 1-й точки (62,6 %). Сравнительно меньшие – в противоположном направлении (т.т.7 и 9 по 28,9 и 33,9 % соответственно).

Максимальные значения суммарной погрешности балансировки, возникающей от неточности определения уравнивающей массы и угла ее установки на роторе достигают 131, 146 и 177 % соответственно в точках 4, 8 и 12, минимальные –38,7 и 57,8 % в точках 5 и 9, отстоящих от легкого места на угол $70 \pm 10^\circ$.

Таким образом, для максимального уменьшения погрешностей балансировки при втором и последующих циклах добалансировок, пробные грузы необходимо устанавливать под углом $70 \pm 10^\circ$ от легкого места. Это позволит на 140 - 180 % снизить погрешность балансировки, возникающей из-за неправильного выбора места установки пробного груза, и сократит количество балансировочных циклов ротора.

О ПОВЫШЕНИИ СИНХРОНИЗИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Твердохлеб А.М., Национальный горный университет, Днепропетровск

Для переработки полезных ископаемых широко применяются механизмы в которых в качестве приводных машин используются синхронные двигатели (СД).

При кратковременных перерывах питания СД могут выпадать из синхронизма и отключаться от сети из-за невозможности ресинхронизации вследствие большой загрузки механизма и недостаточного электромагнитного момента. Для обеспечения повторного пуска СД требуется предварительная разгрузка агрегата (что трудно осуществимо в условиях действующего производства) или проведение мероприятий по улучшению моментной характеристики СД. Для улучшения моментной характеристики применяется управления по цепям возбуждения.

Рассмотрен способ управления позволяющий повысить устойчивость сильно загруженных СД за счет увеличения вращающего момента. Сущность закона управления по цепи обмотки возбуждения (ОВ) заключается в том, что в зависимости от знака производной от электромагнитного вращающего момента при каждом провороте ротора относительно поля статора в определенные моменты времени производится переключение ОВ то на активное добавочное сопротивление, то на возбудитель с форсированным напряжением требуемой полярности. Указанные моменты времени, в которые производятся переключения, определяются по изменению знака производной от мгновенного электромагнитного момента СД.

Проводились исследования поведения СД на математической модели, представленной уравнениями Парка-Горева. В качестве примера был взят СД серии СДМЗ-2-24-59-80У4. Показано что реализация способа позволяет увеличить электромагнитный момент на 20% при скорости вращения ротора в относительных единицах равной 0,95. Это обеспечивает улучшение пуска загруженных машин, их ресинхронизацию и этим повысить надежность их работы.

УДК 621.926.54

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СВОЙСТВ ЗАГРУЗКИ ВИБРОУДАРНЫХ МЕЛЬНИЦ НА ЕЕ МАССОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Франчук В.П., Титов А.А., Национальный горный университет, Днепропетровск

Проведены исследования по определению рациональных величин масс мелющих тел и измельчаемого материала в помольной камере вертикальной вибрационной мельницы.

Мельницы указанной конструкции отличаются такими особенностями, как вертикальное расположение оси цилиндрической помольной камеры и сообщение камере гармонических колебаний вдоль этой оси. При этом взаимодействие загрузки с помольной камерой (соответственно с ее днищем и крышкой) осуществляется по нормали, что обеспечивает виброударный характер нагружения измельчаемого материала и сводит к минимуму истирающие воздействия.

Масса мелющих тел в помольной камере определялась на основе аналитических исследований механики взаимодействия загрузки мелющих тел и помольной камеры. Использовались виброударные модели взаимодействия, позволившие определить диапазон рациональных значений технологического зазора между крышкой камеры и верхним слоем мелющих тел (в статике). В качестве критерия рационализации принято достижение максимума интенсивности виброударного взаимодействия системы загрузка-камера. В частности, для режима колебаний помольной камеры с амплитудой 7 мм и частотой 100 с^{-1} рекомендуется среднее значение зазора 18 мм. Учитывая размеры помольной камеры, при известном технологическом зазоре определяется масса мелющих тел в камере.

Определение массы измельчаемого материала в помольной камере производилось экспериментально с использованием лабораторной установки на базе вертикальной вибрационной мельницы. Производились помолы порошков карбида кремния и электрокорунда в периодическом режиме от исходной средней крупности 500 мкм до различных величин средней крупности конечного продукта, минимальное значение которой составляло 12 мкм. Применялись сферические мелющие те-

ла диаметром 6...18 мм. Масса мелющих тел в камере устанавливалась на основе описанных выше аналитических исследований.

Были проведены экспериментальные исследования измельчения указанных выше материалов с целью установления основных факторов, влияющих на рациональное заполнение помольных камер измельчаемым материалом. Критерием рациональности выбрана величина удельной производительности мельницы по готовому продукту. В качестве функции отклика рассматривалось рациональное значение массового коэффициента заполнения, равного отношению массы материала в камере к массе мелющих тел. Эксперимент был спланирован по полной факторной схеме с перекрестной классификацией. Варьируемые факторы – диаметр мелющих тел и крупность конечного продукта.

Двухфакторный дисперсионный анализ полученных результатов позволил сделать следующие выводы:

преобладающее влияние на рациональное соотношение массы измельчаемого материала и мелющих тел оказывает диаметр последних;

влияние крупности конечного продукта вплоть до 12 мкм относительно невелико, однако также статистически значимо;

взаимодействие двух рассмотренных факторов не имеет статистической значимости и, следовательно, может быть исключено из рассмотрения.

Таким образом, возможно полное отделение эффекта влияния диаметра мелющих тел на величину рационального заполнения камеры материалом от влияния конечной крупности последнего.

УДК 622.647.2

СОПРОТИВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЮ КОНВЕЙЕРНОЙ ЛЕНТЫ И ДИАГНОСТИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ РОЛИКООПОР

Шаталов Р. М., Национальный горный университет, Днепропетровск

При эксплуатации ленточных конвейеров в тяжелых подземных условиях (участковых выработках) угольных шахт, диагностика их состояния обслуживающим техническим персоналом, как правило, осуществляется визуально, без каких-либо инструментов для прогнозирования, или, тем более расчетов. Известно, что состояние элементов конвейеров, в частности их роlikоопор, в процессе эксплуатации изменяется в худшую сторону. Постепенно увеличивается сопротивление их вращению и движению ленты и, как следствие, натяжение ленты, увеличивается потребляемая мощность двигателя, дорожает транспортирование за счет увеличения расхода энергии и ресурса.

Рассмотрен один из элементов осуществления текущего контроля состояния конвейера, совмещающий прогнозные эксплуатационные расчеты с инструментальными измерениями. Предназначается этот способ для использования техническим персоналом, обслуживающим ленточные конвейеры. Предлагается выполнять специальный эксплуатационный, проверочный расчет конкретного конвейера, в условиях его применения. Расчет, кроме традиционных задач, дополняется специальным разделом с построением графиков зависимости максимальной длины от коэффициента сопротивления движению, которые отражают пределы применимости конвейера, и позволяют сопоставлять их с условиями эксплуатации. Вместе с результатами замеров мощности холостого хода или под известной нагрузкой можно определять состояние поддерживающих роlikоопор (величину коэффициента сопротивления движению на конвейере). Результаты такого анализа дают возможность разработки обоснованных мер и решений по улучшению состояния и, следовательно, по уменьшению энергозатрат.

Составлен алгоритм исследования состояния конвейера в условиях его эксплуатации.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТОРОВ ВЛИЯЮЩИХ НА ВОЗНИКНОВЕНИЕ ВИБРАЦИИ ПРИВодОВ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ ОРГАНОВ РОТОРНЫХ ЭКСКАВАТОРОВ ТИПА SR_s – 2400

Холодняк А.Г., Ганкевич В.Ф., Национальный горный университет, Днепропетровск

Основные объемы вскрышных работ в Никопольском марганцеворудном бассейне, в частности на карьерах ОАО «Орджоникидзевский ГОК» приходится на роторные экскаваторы.

Вскрышные работы проводятся в сложных климатических и горно-геологических условиях; при их проведении роторные экскаваторы обрабатывают массивы глинистых пород и ракушечника. Обработка массива горных пород оказывает влияние на состояние механизмов и агрегатов, металлоконструкций экскаватора.

При работе роторного экскаватора наибольшему износу подвержены ковши, зубья ковшей, зубчатые пары, подшипниковые узлы и их посадочные места в корпусах редукторов.

Возникающие динамические нагрузки могут оказывать разрушительное воздействие на выше перечисленные узлы роторного экскаватора. В частности возникновение повышенной вибрации приводной площадки роторных экскаваторов может являться следствием: износа зубчатых передач, износа подшипников в редукторе роторного колеса, а также в результате износа подшипников приводных двигателей.

Приводная площадка состоит из редуктора роторного колеса и непосредственно металлоконструкций площадки приводных двигателей. Редуктор роторного колеса имеет две точки опоры: через ось колеса к обечайке стрелы и в хвостовой шаровой опоре также к металлоконструкции стрелы, т.е. он не имеет станины (основания).

Рассмотрим на примере роторного экскаватора как совокупность выше перечисленных факторов износа может влиять на работу экскаватора.

В процессе работы роторного экскаватора наблюдается износ зубчатых передач, посадочных мест подшипников в корпусе редуктора роторного колеса; при этом возникает сильная вибрация, замеры вибрации производились на первичных валах редуктора роторного колеса и приводных двигателях (при частоте вращения 1500 об/мин. Допустимое значение вибрации (100 мкм) прибором ВИП-2. По факту износа и повышения значения вибрации было принято решение заменить редуктор роторного колеса (РКК). Что и было проведено в четвертом квартале 2001 г. После запуска в работу замеры показали, что вибрация площадки даже при работе экскаватора в холостом режиме не уменьшилась, хотя на первичных валах РКК была в пределах нормы (табл. 1, схема 1). Таким образом на возникновение повышенной вибрации оказывает влияние еще один фактор: износ подшипников приводных двигателей, который в начале не был замечен, а повышенная их вибрация определялась как следствие от вибрации самого РКК (табл. 1.2).

После замены подшипников приводных двигателей значение замеров вибрации оказалось в пределах нормы (табл. 1.2).

Таблица 1. Работа роторного экскаватора в холостом режиме, мкм

Дата	Точка замера							
	1	2	3	4	5	6	7	8
10.12.01	120	130	25	130	210	20	25	30
8.02.02	60	95	15	95	90	25	19	20
4.03.02	70	90	35	90	100	35	20	40

После повторного замера вибрации через 24 дня работы роторного экскаватора значение по точкам замера оказалось в норме.

Таблица 2. Работа роторного экскаватора под нагрузкой, мкм

Дата	Точка замера							
	1	2	3	4	5	6	7	8
10.12.01	120	130	70	120	220	25	40	80
8.02.02	70	80	55	95	90	55	60	60
4.03.02	85	100	15	80	95	60	55	60

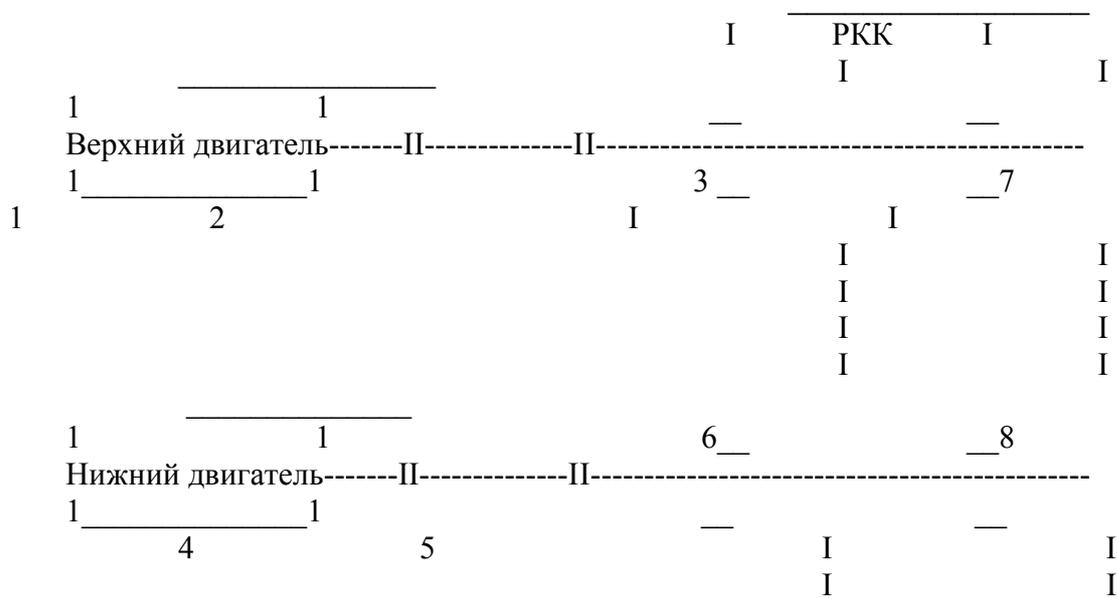


Рис.1 Схема точек замера вибрации на РПК

Исходя из вышеизложенного следует, что при определении источника повышенной и опасной вибрации необходимо уделять внимание всем возможным факторам, которые могут вызвать вибрацию. Как правило, источниками повышенных динамических нагрузок становится группа таких факторов. Важно своевременно и точно определить все эти факторы, так как их выявление и устранение позволяет сохранить не только целостность узлов, механизмов, металлоконструкций, но и время затрачиваемое на проведение ремонтных работ по устранению каждого из них в отдельности.

УД7К 625.25.

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО БАЛАНСИРА ШАХТНОГО ЛОКОМОТИВА

Пучков А.И., Национальный горный университет

На горных предприятиях на сегодняшний день основным является рельсовый транспорт. Наряду с тяговыми характеристиками шахтных локомотивов важнейшей их характеристикой является устойчивость движения на закруглениях и неровностях пути. Постоянное изменение характеристик рельсового пути определяется сложными горно-геологическими условиями шахт. Для решения проблемы устойчивости движения локомотива в этих условиях могут быть использованы такие технические решения как продольные и поперечные балансиры, эластомерные конструкции в ходовой части, секционные локомотивы. Одним из перспективных направлений при решении проблемы устойчивости локомотива, по нашему мнению, является применение гидравлических балансиров. На кафедре прикладной механики была разработана конструкция поперечного гидравлического балансира, схема которого представлена на рис.1.

Здесь колесная пара (1) "подвешиваются" относительно корпуса локомотива на двух гидроцилиндрах (2), соединенных между собой трубопроводом (3). Для получения необходимых жесткостных характеристик гидросистемы в нее включен гидропневмоаккумулятор (4). Для повышения коэффициента устойчивости от всползания колеса на рельс при прохождении кривых возможно перераспределение нагрузки между колесами. Это достигается подключением в систему подпоршневой полости при помощи золотников (5). Такой балансир был установлен на шахтном локомотиве АМД-8 и испытан на базе кафедры рудничного транспорта НГУ. При проведении экспериментов использовались датчики с базой 40, усилитель ГА-5 и светолучевой осциллограф Н-115, что позволило фиксировать усилие на колесах и их перемещение относительно кузова при прохождении неровностей пути. Кроме того, контролировалось статическое давление в гидробалансире. Диаметры поршней гидробалансира $D=60$ мм, диаметр соединяющего трубопровода $d=10$ мм. Параметры переходных процессов регистрировались при наезде со скоростью $v=0,5$ м/с на ступеньку высотой $h=28$ мм. При этом время переходного процесса в гидросистеме составило $\Delta t=0,5$ с, что соответствует времени Δt_M подъема колеса на ступеньку. Действительно:

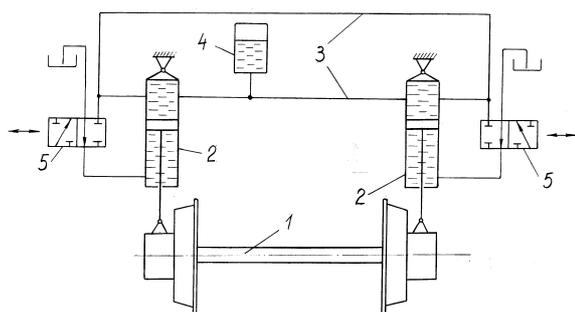


Рис.1. Гидравлическая схема гидробалансира.

1. Колесная пара. 2. Гидроцилиндры. 3. Трубопровод. 4. Гидропневмо-аккумулятор. 5. Золотники.

Эта позволяет вести гидравлический расчет параметров трубопровода в диапазоне реальных скоростей движения локомотива. Скорость движения жидкости $V_{Ц}$ в гидроцилиндре определится вертикальным перемещением колеса относительно корпуса локомотива:

$$\Delta t_M = X/V = (R^2 - (R-h)^2)^{0,5} / V = (0,3^2 - (0,3-0,028)^2)^{0,5} / 0,5 = 0,36 \text{ с.}$$

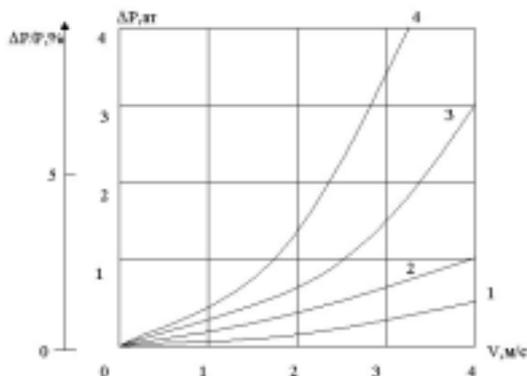


Рис.2. Зависимость гидравлических потерь от скорости. 1 – $d=15$ мм, $D=50$ мм; 2 – $d=15$ мм, $D=60$ мм; 3 – $d=10$ мм, $D=50$ мм; 4 – $d=10$ мм, $D=60$ мм.

где $l=2,5$ м-длина трубопровода гидробалансира; $\rho=900$ кг/м³-плотность используемого масла И-12; λ – коэффициент Дарси.

Выбор диаметра трубопровода может быть осуществлен по величине относительного $\Delta p/p, \%$ повышения давления в трубопроводе. Для этого выполним анализ этого параметра в диапазоне возможных скоростей движения локомотива – 0,5...5 м/с. Нижняя граница соответствует ламинарному режиму движения жидкости ($Re=1400$), а верхняя – турбулентному ($Re=14000$). Тогда для гидравлически гладких труб $\lambda_{лам}=75/Re=0,054$, а $\lambda_T=1/(100 Re)^{0,25}=0,029$. Таким образом, для опытного гидробалансира $\Delta p=0,12...6,4$ ат, что соответствует относительному повышению давления $\Delta p/p = 0,3\%...16\%$.

Для более полного анализа потерь давления в трубопроводе выполнен их расчет в зависимости от скорости движения локомотива и диаметров трубопровода и гидроцилиндров. Результаты расчета приведены на рис.2.

стных характеристик гидросистемы в нее включен гидропневмоаккумулятор (4). Для повышения коэффициента устойчивости от всползания колеса на рельс при прохождении кривых возможно перераспределение нагрузки между колесами. Это достигается подключением в систему подпоршневой полости при помощи золотников (5). Такой балансир был установлен на шахтном локомотиве АМД-8 и испытан на базе кафедры рудничного транспорта НГУ. При проведении экспериментов использовались датчики с базой 40, усилитель ГА-5 и светолучевой осциллограф Н-115, что позволило фиксировать усилие на колесах и их перемещение относительно кузова при прохождении неровностей пути. Кроме того, контролировалось статическое давление в гидробалансире. Диаметры поршней гидробалансира $D=60$ мм, диаметр соединяющего трубопровода $d=10$ мм. Параметры переходных процессов регистрировались при наезде со скоростью $v=0,5$ м/с на ступеньку высотой $h=28$ мм. При этом время переходного процесса в гидросистеме составило $\Delta t=0,5$ с, что соответствует времени Δt_M подъема колеса на ступеньку. Действительно:

Это позволяет вести гидравлический расчет параметров трубопровода в диапазоне реальных скоростей движения локомотива. Скорость движения жидкости $V_{Ц}$ в гидроцилиндре определится вертикальным перемещением колеса относительно корпуса локомотива:

$$V_{Ц} = 0,5h/\Delta t;$$

Тогда, в соответствии с уравнением неразрывности потока, скорость потока в трубопроводе определится по формуле:

$$V_{тр} = V_{Ц}(D/d)^2 = 0,5hVd^2/xd^2;$$

Пренебрегая потерями на местных сопротивлениях определим повышение давления Δp и переходном процессе:

$$\Delta p = \rho gh_e = \rho \lambda l v^2 / 2d,$$

Приемлемыми, по нашему мнению, является изменение давления $\Delta p/p$ в пределах 5%, что соответствует соотношению диаметров $D/d < 5$ и $d > 10$ мм.

Библиографические ссылки

1. Кузнецов Б.А. Транспорт на горных предприятиях. М.: Недра, 1976.– 551 с.
2. Патент Украины 33059А. Буксовое подвешивание тележки рельсового экипажа / В.В. Мишин, А.И. Пучков, В.А. Салов. – 2001.
3. Коваль П.В. Гидравлика и гидропривод горных машин. М.: Машиностроение, 1979.– 319 с.

МАШИНЫ ДЛЯ МЕХАНИЗАЦИИ ОСНОВНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ПРОХОДКЕ ВЫРАБОТОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БВР

Микитась А.П., НИПИрудмаш, Кривой Рог

В угольной промышленности Украины в настоящее время проходят буровзрывным способом более 100 км подготовительных выработок за год.

Основные технологические операции при этом бурение и погрузка взорванной горной массы выполняются вручную и с помощью бурильных установок вращательного бурения и погрузочных машин различных конструкций.

Погрузочные машины на гусеничном ходу и телескопической рукоятью с боковой разгрузкой ковша являются одним из наиболее эффективных средств механизации уборки горной массы при проведении выработок с использованием БВР.

В развитых угледобывающих странах (Германия, Англия, США) на погрузке горной массы при проходке с БВР используются только погрузочные машины с боковой разгрузкой ковша. Такие машины удачно стыкуются с транспортными средствами: скребковым конвейером; вагоном с электровозной откаткой; ленточным транспортером.

Опыт эксплуатации погрузочных машин МПК ЗУ, созданных Донгипроуглемашем в содружестве с Новогорловским машзаводом показал, что машина должна быть оборудована телескопической рукоятью и устройством обеспечивающим возможность поворота рукояти в горизонтальной плоскости для зачерпывания горной массы по фронту уборки и поворота для разгрузки ковша на транспортное средство (вагон, конвейер).

Это давало возможность увеличить срок службы гусеничного движителя машины особенно при работе на абразивных породах, т.к. гусеничные ленты работали по накатанным дорожкам не совершая поворотов при зачерпывании и разгрузке ковша.

На выставке "Уголь 2000" был продемонстрирован экспериментальный образец новой машины МПК-1600 (машина погрузочная ковшевая, шириной 1600 мм).

Машина предназначена для уборки горной массы, разрыхленной взрывом, на транспортные средства в шахтах, рудниках и при строительстве подземных сооружений, в т.ч. опасных в отношении взрыва газа и пыли, при проведении горизонтальных, а также наклонных (+12 град.) выработок сечением: при погрузке в вагоны (не менее) 14,4 м; при погрузке на ленточный конвейер (не менее) 10,3 м; при погрузке на скребковый конвейер (не менее) 8,5 м.

Размеры кусков горной массы не должны превышать 800 мм, коэффициент крепости пород не регламентируется.

Тягово-тормозные устройства машины дают возможность преодолевать уклоны до ± 22 град.

Машина может быть использована также для выполнения в призабойном пространстве ряда вспомогательных работ – доставка материалов оборудования, облегчения установки крепления, затяжки и забутовки пространства за арочным креплением и др.

При разработке машины учитывались технические и технологические возможности завода-изготовителя, конструкторами использовались нормы завода, что дало возможность изготовить машину без значительных затрат на подготовку производства и в короткий срок.

При разработке машины были решены следующие задачи: комплектующие изделия, входящие в машину, изготавливаются на Украине; нагрев масла в гидросистеме не должен превышать 70°C за время погрузки цикла проходки при погрузке в вагоны; условия работы оператора должны быть максимально комфортными.

Основные параметры и размеры машины МПК 1600

Производительность техническая, м ³ /мин, не менее	
погрузка на конвейер с доставкой 2,5 м	1,5
погрузка на конвейер без доставки	2,56
Вместимость ковша, м ³ , не менее	1
Ширина захвата, мм, не менее	
при втянутом телескопе	3600
при выдвинутом телескопе	4000
Наибольшая высота разгрузки, мм, не менее	2000
Наибольший ход телескопа стрелы, мм, не менее	1000
Наибольшая глубина опускания кромки зубьев ковша от опорной поверхности, мм	500
Скорость передвижения, км/ч	0...2,4
Наибольший угол подъема, преодолеваемый машиной в транспортном положении, град	22
Установленная мощность, кВт, не более	55
Дорожный просвет, мм, не менее	250
Габаритные размеры в транспортном положении, мм:	
ширина	1600+50
высота	2150+50
длина	7000+100
Масса, т	12,5

Приемочные испытания машины проводились на шахте им. А.Ф. Засядько с 16 июля 2001 года по 18 февраля 2002 года. За время испытаний было погружено 3750 м³ породы на скребковый конвейер и в вагоны.

Показатели машины соответствуют уровню лучших зарубежных образцов аналогичного назначения, требованиям рынка, безопасности охраны здоровья и природы.

Опытный образец машины продолжает работать на шахте. Наблюдения за работой узлов машины ведутся специалистами институтов и завода с целью определения показателей надежности и долговечности,

Межведомственная приемочная комиссия рекомендовала погрузочную машину МПК-1600 к серийному производству на Новогорловском машиностроительном заводе.

В настоящее время выполняется корректировка конструкторской документации машины для серийного производства.

На очереди разработка проходческого комплекса включающего бурильную установку, погрузочную машину и машину буроподдирочную для ремонта горных выработок.

УДК 669.1:621.7

УДОСКОНАЛЕННЯ ДЕФОРМАЦІЙНО-ТЕРМІЧНОГО ЗМІЦНЕННЯ ШВИДКОРІЗАЛЬНИХ СТАЛЕЙ

Алімов В.І., Єгоров М.Т., Штихно А.П.

Донецький національний технічний університет, Донецьк

В роботі вивчено вплив температурно-часових параметрів гартування гідропресованої сталі Р6М5К5-МП (МП – порошкова) і Р6М5К5, а також вплив попереднього плазмового покриття з оплавленням поверхневого шару на сталі з вмістом, % мас.: 0.76 С, 3.91 Cr, 17.1 W, 1.25 V, 0.89 Мо. Зразки покривали цинкофосфатним покриттям товщиною 0,015 – 0,020 мм. Гідропресування здійснювали у контейнері з використанням змащення на основі дисульфиду молибдену. Разові ступені деформації склали 15, 35 і 50% для кожної сталі.

Зразки піддавали різним видам термічних обробок: рекристалізаційному відпалу, гартуванню і наступному триразовому відпуску.

Плазмове оплавлення проводили за допомогою графітового електрода. Після плазмового впливу зразки прокатували (ступінь деформації складала 25%), потім піддавали термічній обробці і аналізували характер розподілу структури і мікротвердості по перетині поперечних зразків.

Порошкова сталь поступається у твердості сталі традиційного металургійного переділу при рівних ступенях деформації. Для обох сталей помітне збільшення твердості зі збільшенням ступеня деформації з 15 до 35%. Порошкова сталь має більш рівномірний розподіл мікротвердості по перетині, що свідчить про більш рівномірну деформацію, а структура порошкової сталі має більш дисперсне і рівномірне розташування карбідної фази, що пояснює її високу зносостійкість.

Аналіз структури полягав у визначенні середнього діаметра зерна аустеніту і розмірів надлишкових карбідів. У порошковій сталі Р6М5К5 – МП спостерігали більш дрібні, однорідні карбіди, середній розмір яких 1 – 1,2 мкм, а максимальний не перевищував 2,8 мкм. У сталі Р6М5К5 карбіди більш великі, максимальний розмір досягає 5,6 мкм. Зерно порошкової сталі при однакових параметрах гартування у всіх випадках дрібніше. Зі збільшенням температури гартування і витримки відбувається розчинення числа карбідів і, як наслідок, збільшення розміру зерна. Мікроструктура зразка після плазмового впливу являє собою в поверхневому шарі дендритну, дисперсну структуру з досить високим значенням мікротвердості, а наступне деформаційно-термічне зміцнення приводить до зниження карбідної неоднорідності і підвищенню червоностійкості оплавленого шару швидкорізальної сталі.

Таким чином, холодне гідропресування приводить до збільшення структурної неоднорідності, але сприяє подрібнюванню карбідної фази і зниженню її неоднорідності. Плазмове оплавлення швидкорізальної сталі з наступною деформаційно-термічною обробкою приводить до одержання дисперсної структури поверхневого шару, підвищення твердості і червоностійкості, які перевершують відповідні значення необробленого металу.

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ШИХТЫ

Большаков В.И.,

Институт черной металлургии НАН Украины, Днепропетровск

Учитель А.Д., Зелов Е.А., Засельский В.И., Григорьева В.Г., Сорокин А.В., Учитель С.А.,

Национальная металлургическая академия Украины, Днепропетровск

Коваленко И.М., ИНТЕРМЕТ-ХК

Необходимость создания оборудования для входного и оперативного контроля качества металлургической шихты связана, главным образом, с существенным влиянием свойств шихты на эффективность работы плавильных агрегатов. Результаты этой разработки должны препятствовать поставке предприятиям-потребителям некачественного продукта от поставщика, в ряде случаев не являющегося его производителем.

Например, снижение содержания основного компонента в ферросплаве на 2-3% может привести к потере многотоннажной плавки в брак, а увеличение содержания в нем мелочи (-5 мм) – к увеличению расходного коэффициента весьма дорогостоящих раскислителей.

Для обеспечения непрерывного входного контроля качества поступающих на КГГМК «Криво-рождсталь» шихтовых материалов доменного производства разработан, внедрен и успешно эксплуатируется комплекс оборудования, обеспечивающий анализ гранулометрических характеристик и химического состава шихт.

Аналогичный, но значительно более мощный, комплекс для входного контроля качества ферросплавов разработан и в настоящее время монтируется на складе ферросплавов цеха подготовки производства КГГМК.

Для оперативного контроля качества шихты, поступающей на колошник доменной печи, разработан и испытан маятниковый грануломер, производительность до 10 т/ч по агломерату (окатышам) и 2 т/ч по коксу (заказ метзавода в Аджиукоте, Нигерия). Использование такого механизма позволяет вносить коррективы параметров хода печей в зависимости от качества шихты.

Результаты создания и внедрения комплекса средств оперативного контроля шихтовых материалов металлургического производства позволят обеспечить стабильность работы агрегатов, повысить качество выплавляемых чугуна и стали, уменьшить себестоимость металлопродукции.

НОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ СЫРЬЯ К АГЛОМЕРАЦИИ И СПЕКАНИЮ

Учитель А.Д., Григорьева В.Г., Засельский В.Н., Учитель С.А., Зайцев Г.Л.
Национальная металлургическая академия Украины, Днепропетровск
Большаков В.И., Институт черной металлургии НАН Украины, Днепропетровск

В последние годы на предприятиях горно-металлургического комплекса активизировался процесс технического перевооружения – замены эксплуатируемого морально и физически изношенного оборудования на оборудование нового поколения, характерной особенностью которого является низкая металло- и энергоемкость, высокая долговечность и ремонтпригодность.

Это экспериментальное оборудование поставляется на предприятия, испытывается в производственных условиях и по заказу потребителей тиражируется на базе научно-производственного комплекса Криворожская высшая металлургическая школа (КВМШ).

В период с 1995 года разработано и испытано следующее оборудование для подготовки шихты к спеканию (аглопроцесс) и коксованию:

тяжелые вибрационные питатели для перегрузок на трактах дробильных фабрик ГОКов взамен пластинчатых питателей (широкое внедрение на ЮГОКе);

вибрационные грохоты для сортировки руды на трактах дробильных фабрик ГОКов (промышленные испытания на ЮГОКе);

консольно-валковые и центробежно-роторные дробилки (экспериментальные исследования на шахте "Гвардейская" КЖРК);

вероятностные грохоты 5-го габарита для подготовки аглоруды (широкое внедрение на шахтах "Родина", им. Ленина, "Гвардейская", им. Фрунзе КЖРК) – документация передана для изготовления промышленных партий на РМЗ КЖРК;

пяти продуктовый грохот для разделения углей на потребительские классы (эксплуатация на Переченском ДОКе)

дозаторы угля (экспериментальные исследования на КХП КГГМК «Криворожсталь»);

грохот с неоднородным полем траекторий для разделения кокса на потребительские классы (экспериментальные исследования и опытная эксплуатация на КХП КГГМК «Криворожсталь»);

центробежно-молотковые дробилки с выводом из камеры дробления готового класса по мере его образования для подготовки углей к коксованию (лабораторные экспериментальные исследования);

ударно-вибрационный грохот для подготовки топливной части аглошихты (лабораторные экспериментальные исследования) в условиях ГОП КГГМК «Криворожсталь»;

загрузочный лоток-питатель-окомкователь для загрузки шихты на аглоленту (экспериментальные исследования);

установка для регенерации прокатно-обмасленной окалины с получением высококачественного концентрата с содержанием железа до 69% и дисцилата масла (экспериментальные исследования).

Указанное оборудование разработано на основе теоретических исследований, проведенных в научно-производственном комплексе «Криворожская высшая металлургическая школа» при научно-методической поддержке Института черной металлургии НАН Украины.

ПЕРСПЕКТИВНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ АГЛОМЕРАТОВ И СПЕКОВ К ПЛАВКЕ

Большаков В.И.,
Институт черной металлургии НАН Украины, Днепропетровск
Учитель А.Д., Григорьева В.Г., Засельский В.И., Зелов Е.А., к.т.н., Швед С.В., Зайцев Г.Л.,
Национальная металлургическая академия Украины, Днепропетровск

Качество шихтовых материалов, используемых в доменных печах и сталеплавильных агрегатах, является одним из главных факторов, определяющих показатели плавки и качество готового продукта. Важнейшими показателями качества сыпучих шихтовых материалов (агломерата, кокса,

окатышей, флюсов, ферросплавов) являются два параметра: содержание основного элемента и гранулометрическая характеристика.

Содержание основного элемента шихты формируется в процессе ее производства, гранулометрическая характеристика формируется как в процессе производства шихты, так и при закономерности и случайных силовых воздействиях по тракту ее перемещения от производителя к потребителю. Известно, что разрушение части шихтовых материалов в процессе их перемещения по тракту приводит к увеличению в шихте некондиционных фракций (мелочи). В ряде случаев в исходной шихте присутствуют крупные куски, металлургические свойства которых значительно ниже, чем у основной массы шихты – классы (+80 мм) кокса, (+70 мм) ферросплавов, (+100-140 мм) агломерата. Потребительские характеристики крупных фракций могут быть улучшены путем дополнительной обработки. Таким образом, металлургическая шихта, представленная сыпучими материалами, подлежит дополнительной подготовке перед загрузкой в плавильные агрегаты. Подготовка шихты производится ее грохочением (с целью ограничения гранулометрической характеристики снизу) и дроблением (с целью ограничения гранулометрической характеристики сверху).

В НМетАУ и ИЧМ НАНУ Украины проведены исследования, на основе которых разработаны и, в ряде случаев, внедрены машины, обеспечивающие подготовку шихты после ее производства перед подачей в плавильные агрегаты; разработаны также машины для загрузки шихты в плавильные агрегаты. Основными требованиями к таким машинам были; существенное (в 2...3 раза) снижение энергоемкости, металлоемкости, повышение долговечности и ремонтпригодности, высокий уровень регулируемости и автоматизации.

Указанные требования обеспечиваются использованием нетрадиционных приемов – неоднородными полями силовых воздействий на обрабатываемый материал, адаптивными системами регулирования и управления.

За последние 5 лет разработаны следующие машины:

грохоты горячего и холодного агломерата 4-6 габаритов для агломерационных фабрик (экспериментальные исследования промышленных образцов).

роторно-пластинчатые охладители агломерата (теоретические и экспериментальные исследования);

грохоты с неоднородным полем траекторий для сортировки кокса на потребительские классы в условиях коксохимического производства (экспериментальные исследования в промышленных условиях);

вибрационные механизмы для стабилизации механических свойств агломерата и кокса (экспериментальные исследования);

вибрационные грохоты холодного и горячего агломерата для под бункерных помещений доменных печей (внедрение в ДЦ-1 КГГМК «Криворожсталь»);

грохоты-дробилки для фракционирования кокса в условиях подбункерных помещений доменных печей (испытания экспериментального образца);

питатели добавок для подбункерных помещений доменных печей (внедрение в ДЦ-1 КГГМК «Криворожсталь»);

комплекс машин для подготовки ферросплавов к подаче в сталеплавильные агрегаты (внедряется в цехе подготовки производства КГГМК «Криворожсталь»);

питатели-дозаторы для подачи ферросплавов в ковш в условиях конверторного цеха (широкое внедрение в конверторном цехе КГГМК «Криворожсталь»);

В перечисленных машинах и механизмах использованы новые технические решения, позволяющие обеспечить выполнение современных требований, предъявленных к машинам нового поколения.

ЭНЕРГОНОСИТЕЛИ ДЛЯ ПАРОВОЗДУШНЫХ МОЛОТОВ

Гутько Ю.И., Восточноукраинский национальный университет, Луганск

Паровоздушные молоты являются одним из основных типов кузнечно-прессовых машин (КПМ), применяемых дляковки и объёмной штамповки, более 70% КПМ для объёмной штамповки составляют молоты. В паровоздушных молотах в качестве энергоносителя может быть исполь-

зован пар или сжатый воздух. При оценки экономической эффективности молотов, работающих на паре, А.И. Зимин определил общий КПД молота как отношение работы деформации к “теплу топлива”, сжигаемого в паровом котле, на уровне 1,24%. Учитывая высокую энергоёмкость получения пара, а также ухудшение условий труда, атмосферы цеха и технического состояния молота – пар, как энергоноситель, бесперспективен.

Процесс получения сжатого воздуха является менее энергоёмким по сравнению с получением пара. КПД установки молот-компрессор находится на уровне 0,28-0,36, т.е. равняется или превышает цикловой КПД кривошипных горячештамповочных прессов. Воздух должен иметь определенные исходные параметры, которые могут быть достигнуты двумя способами: сжатием на компрессоре или нагревом. Чтобы произвести оценку энергетических параметров были произведены расчеты по определению КПД циклов рассматриваемых процессов. В результате проведения расчетов установлено, что КПД цикла для процессов, протекающих в энергоносителе, при получении требуемых параметров сжатом на компрессоре равен 0,59; КПД цикла при получении требуемых параметров нагревом равен 0,5. Из этого следует, что использование в паровоздушных молотах в качестве энергоносителя воздуха, сжатого на компрессоре, не требует энергозатрат на нагрев, что дает больший КПД цикла.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОЛУЧЕНИЯ ШТАМПОСВАРНЫХ ИЗДЕЛИЙ ПРИ ШТАМПОВКЕ И СВАРКЕ ВЗРЫВОМ

Драгобецкий В.В.,

Кременчугский государственный политехнический университет, Кременчуг

Слоистые металлические композиции являются разновидностью промышленных материалов, сочетающих наиболее ценные свойства металлов, составляющих композицию. Их использование в технике открывает новые возможности в области конструирования, повышения технологичности, экономии дефицитных материалов, снижения массы и стоимости. Среди множества слоистых материалов рассмотрим особенности определения технологических параметров разнородных и однородных многослойных материалов с соединением слоев, многослойных материалов с локальным соединением слоев, квазислоистых материалов, в производстве и последующей обработке которых используются методы взрывной обработки.

Импульсный характер нагружения и быстрое протекание процессов формообразования и сварки оказывает специфическое влияние на динамическое поведение слоистых материалов. Описание процессов формообразования слоистых и плакированных материалов, полученных традиционными методами их производства (прокатка, осадка, диффузионная сварка и т.д.), достаточно корректно производится в рамках классической теории слоистых пластин и оболочек, которая учитывает влияния поперечных сдвигов.

При моделировании процесса формообразования и определении напряженно-деформируемого состояния слоистых заготовок, полученных сваркой взрывом, следует учитывать факторы, сопровождающие технологический цикл соединения. Помимо различия свойств составляющих, на процесс последующей обработки, в частности, формообразования влияет неоднородность структурного и механического характера в зоне соединения. Для большинства полученных сваркой взрывом композиций характерен резкий скачок твердости, а следовательно, и контактной прочности в зоне соединения. На механические характеристики составляющих композиции слоистой заготовки оказывает влияние и реверс напряжений, возникающий при двойном перегибе металлической пластины. Определение параметров внешних нагрузок при штамповке взрывом сваренных взрывом заготовок можно свести к задаче оптимизации – нахождения массы, количества и расположения зарядов взрывчатого вещества относительно деформируемой слоистой заготовки с учетом вводных ограничений и критериев качества и эффективности. При совмещении операций штамповки и сварки взрывом в дополнение к ранее перечисленным факторам следует добавить локальный разогрев свариваемых, а затем деформируемых заготовок при их соударении и действии разгрузок, сопровождающийся возникновением встречных волн растяжения. Это приводит к значительному повышению пластических свойств деформируемого пакета заготовок. Экспериментальные исследования по осуществлению операций вытяжки и формовки при совмещении процессов штам-

повки и сварки взрывом показали, что при соразмерности масс слоев устойчивое формообразование невозможно. Вероятно, это связано с тем, что скорость движения пакета слоев приближается к скорости полета метаемой заготовки и что при соударении пластические свойства составляющих композиции значительно возрастают. Параметры внешнего нагружения варьируются в границах области сварки взрывом. Процесс формообразования подстраивается под процесс сварки взрывом путем использования специальных технологических приемов, которые управляют процессом деформирования. В данном случае можно использовать упругие среды, ограничивающие деформативность слоистой заготовки.

Для получения слоистых изделий с локальным соединением слоев, чаще всего это детали типа днищ с монолитными кромками, возможно использование совмещения операций сварки и штамповки взрывом в одной технологической оснастке. Процесс формообразования и сварки организуется таким образом, чтобы параметры нагружения в зонах соединения соответствовали границам области сварки, а в зонах, где сварка недопустима, лежат вне этих границ.

Рассмотрим характерные особенности моделирования описанных технологических процессов. Предпочтение отдаем наиболее простой и отработанной многопараметрической модели, основанной на решении дифференциальных уравнений в частных производных методом конечных разностей. Использование метода конечных элементов для описания напряженно-деформируемого состояния слоистой заготовки связано с определенными трудностями, вытекающими из наложения требований непрерывности межслойных напряжений и условий на свободной границе.

Изложенный подход и методические рекомендации легли в основу алгоритмов и программ численного моделирования динамического поведения слоистой заготовки, полученной сваркой взрывом, и позволяют моделировать динамику деформирования и определять параметры нагружения.

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ СВАРНЫХ УЗЛОВ ГОРНОШАХТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Кассов В.Д.,

Донбасская государственная машиностроительная академия, Краматорск

Горношахтное оборудование работает в сложных условиях. Интенсивное изнашивание, ударные и знакопеременные нагрузки – все это приводит к быстрому исчерпанию запаса долговечности агрегатов и деталей. В этой связи к сварным узлам металлоконструкций горношахтных и горнорудных машин предъявляются высокие требования. Не допускается наличие даже единичных дефектов.

При изготовлении сварных металлоконструкций широко применяется автоматическая дуговая сварка в среде углекислого газа. Обладая высокой производительностью, маневренностью, низкой стоимостью сварочных материалов этот способ имеет существенный недостаток – повышенное разбрызгивание расплавленных электродных капель. Наиболее простым вариантом, позволяющим уменьшить попадание брызг и облегчить их удаление с поверхности свариваемого металла, является предварительное нанесение на нее специальных защитных покрытий. Эффективность применения защитных покрытий и возможности сварки по нему в углекислом газе зависят от общей стабильности процесса, определяемой постоянством формирования шва, характером переноса и потерями электродного металла.

На основе установленных зависимостей были выполнены расчеты режима сварки в углекислом газе по защитному покрытию. Для оптимизации режима разработан алгоритм. Были проведены исследования при сварке на технологически рекомендованных режимах для соединения металлов малых толщин. Установлено, что металл шва обладает высокими механическими характеристиками, а свойства сварных соединений определяются характеристиками основного металла. Характер плавления торца электродной проволоки стабильный. Металл шва получается плотным, поры, раковины, трещины и прочие дефекты отсутствуют.

СТРУКТУРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ МИШЕНИ ПРИ ВЗРЫВНОМ ЛЕГИРОВАНИИ

Ушеренко С.М.,
Институт импульсных процессов, Республика Беларусь
Губенко С.И., Правдин Н.Ю.,
Национальная металлургическая академия Украины, Днепропетровск
Ситало В.Г., Бунчук Ю.П.,
Государственное конструкторское бюро “Южное”, Днепропетровск

Метод объемного легирования металлических материалов осуществляется при глубоком проникании дисперсных частиц (включений) в результате взрывного воздействия. Разогнанные энергией взрыва дисперсные частицы пробивают мишень в результате преодоления сил межмолекулярных связей, возбуждая перед собой ударно-пластические волны и, перемещая область высокого давления, что приводит к образованию зоны сильно разупорядоченного состояния матрицы. На пути движения частицы образуется канал, отделяющий ее от матрицы и создающий собственное поле напряжений. Каналы частично схлопываются. Частица может быть в канале, но возможно и ее механическое сцепление с матрицей, тогда формируется новая межфазная граница по типу сварка взрывом и возникает поле напряжений от частицы, характер которого определяется несоответствием радиусов частицы и канала, стесненной деформацией матрицы и включения.

Выявлены структурные изменения релаксационного характера вблизи каналов (канальных зон) и заторможенных частиц у материалов с разным типом кристаллической решетки, которые позволяли установить механизм упрочнения при взрывном легировании. Тонкий слой матрицы, прилегающий к стенкам каналов, претерпевает аморфизацию и поверхностное насыщение элементами частиц. Характер релаксационных процессов свидетельствует о том, что имеет место локальная высокоскоростная деформация, приведшая к образованию вдоль траекторий движения частиц сложных диссипативных структур – фрагментированной, ячеистой, пересекающихся дислокаций, на фоне которых выделялись зоны локализованной деформации, искривленные двойники, крупномасштабные неоднородности кристаллографической ориентации ϵ - мартенсит, пакеты дефектов упаковки, расщепленные границы и дислокации. Вблизи каналов, канальных зон и частиц образуются неравновесные структуры с высокой зарядовой плотностью дислокаций и обширными дальнедействующими напряжениями. Различие в характере релаксационных процессов обусловлено типом кристаллической решетки матрицы и равной энергией дефекта упаковки. Вокруг заторможенных частиц проходит волновая релаксация и возникают дальнедействующие поля напряжения, о которых свидетельствуют изгибные экстинкционные контуры являющиеся зафиксированным состоянием локализованной пластической деформации.

Процесс упрочнения металлических материалов при взрывном легировании является многофакторным и согласно принципу аддитивности включает составляющие взрывного упрочнения, армирования каналами или канальными зонами, аморфизации, микролегирования при диссоциации частиц, дисперсионного упрочнения самими частицами, деформационного упрочнения и дальнедействующих полей:

$$\sigma = \sigma_{\text{взр}} + \sigma_{\text{арм}} + \sigma_{\text{амор}} + \sigma_{\text{лег}} + \sigma_{\text{дисп}} + \sigma_{\text{деф}} + \sigma_{\text{д}}$$

На основании проведенных исследований предложен способ упрочнения поверхностей изделий, включающий циклическое воздействие на поверхность высокоскоростными струями рабочего вещества. Разработана и опробована группа технологий и выпущены опытные партии различных изделий повышенной эксплуатационной стойкости.

ОПТИМАЛЬНИЙ ВИБІР АНТИФРИКЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ

Пістунов І.М., Національний гірничий університет, Дніпропетровськ
Цапко В.К., Національна металургійна академія України, Дніпропетровськ

Застосування антифрикційних матеріалів в вузлах тертя промислового устаткування часто гальмується складністю їх найкращого підбору для конкретних режимів роботи, які детально досліджені для більшості машин і агрегатів з визначенням статистичних характеристик розподілу навантажень, швидкостей та тощо для циклових змін. Це дозволить підвищити надійність машин, що є одним з найважливіших завдань забезпечення економічної ефективності суспільного виробництва і прискорення технічного прогресу.

Надійність конструкції закладається на етапі проектування машин і механізмів. Конструктор, як правило, розраховує на міцність її деталі, обґрунтовано вважаючи, що їхнє руйнування може стати причиною виходу з ладу машини. У той же час найбільш частою причиною відмов машин є не їхнє руйнування внаслідок недостатньої міцності, а знос вузлів тертя, внаслідок зносу яких виникають функціональні відмови, знижується продуктивність машин, збільшуються витрати енергії на виробництво одиниці продукції, порушується кінематична точність механізмів, з'являються непередбачені розрахунком додаткові навантаження, вібрації, шум і т.д.

Керування показниками надійності машини на етапі проектування нерозривно пов'язане з розробкою й удосконалюванням розрахункових методів визначення їхнього зносу. Іншим напрямком керування механічними показниками вузлів тертя є забезпечення зменшення втрат на тертя, що дозволяє покращити енергетичні показники приводу, зробити його меншим.

Розробка методів розрахунку ресурсу внаслідок зносу чи потрібної потужності приводу механізму на підставі затрат на тертя вузлів машин гірничо-металургійного комплексу є найважливішим завданням, вирішення якого спрямоване на підвищення надійності і зносостійкості машин і устаткування, зменшення затрат на їх експлуатацію.

Труднощі в розробці розрахункових методів прогнозування зносу та коефіцієнта тертя обумовлені наявністю різних за своєю природою процесів, що відбуваються на поверхнях тертя, і впливом на них численних взаємозалежних факторів. При цьому самі фактори-аргументи можуть змінюватися в часі і по поверхні контакту деталей. Недостатня вивченість складних фізико-хімічних процесів, що протікають на поверхнях контакту при терті, імовірнісний характер процесів тертя і зносу, обумовлений дискретністю контакту шорсткуватих поверхонь, природою втомлювального руйнування, випадковим характером параметрів зовнішнього впливу, властивостей матеріалів і вихідної геометрії сполучених деталей,— фактори, що ускладнюють розробку детермінованих методів розрахунку.

Тому на перший план при розрахунках зносу антифрикційних матеріалів виходять експериментальні методи, коли зразки матеріалів проходять випробування для різних схем тертя (“торець–торець”, “вал–втулка”, “сферична опора” тощо).

Вже перше побіжне вивчення цієї інформації показує, що конструктору важко вибрати потрібний антифрикційний матеріал серед значної кількості існуючих. Отже, для оптимального їх вибору потрібно застосовувати аналітично-апроксимаційний підхід.

Сформульована оптимальна задача, виходячи з очевидних міркувань такого підбору значень фізико-механічних властивостей антифрикційних матеріалів, щоб було досягнуто мінімум значень коефіцієнта тертя або інтенсивності зносу, за умови дотримання режимів роботи в межах, де ці матеріали зберігають свою працездатність. На підставі припущення, що для певної групи антифрикційних матеріалів існує залежність коефіцієнта тертя та інтенсивності лінійного зносу від режимів роботи та фізико-механічних параметрів була поставлена задача оптимального вибору антифрикційних матеріалів за критеріями мінімуму – втрат на тертя та інтенсивності зносу. Як фізико-механічні властивості матеріалів були вибрані твердість за Брінеллем та крайовий кут змочування. Визначено аналітичну залежність лінійної інтенсивності зносу від фізико-механічних параметрів антифрикційного матеріалу, твердість за Брінеллем яких не перевищує 160 МПа. На прикладі для вала підіймального стола стана 550 було показано порядок застосування запропонованого алгоритму і розраховані оптимальні параметри антифрикційних матеріалів. За довідниками знайдені матеріали, які найбільше відповідають цим оптимальним параметрам.

Запропонована методика була прийнята для використання в УкрНДІАчормет (м. Дніпропетровськ) для використання при проектуванні нових та при плануванні ремонту зношених вузлів тертя.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВЗУЧОСТІ ТА ДОВГОТРИВАЛОЇ МІЦНОСТІ СПЕЧЕНИХ ПОРОШКОВИХ МАТЕРІАЛІВ

Бодун В.М., Луцький державний технічний університет, Луцьк

На даний час відсутні єдині, підтвержені дослідними критерії оцінки процесів повзучості та довготривалої міцності порошкових матеріалів. Це пов'язано з рядом труднощів, які включають в себе технологію отримання дослідних зразків різної пористості з стабільними механічними властивостями та експериментальними труднощами.

Робота з експериментального дослідження включає в себе розробку методики проведення експериментів, технологію отримання дослідних зразків різної пористості, розробку установки для досліджень, яка дозволить провести експерименти в широкому діапазоні температур при простих і складних напружених станах.

На першому етапі, реалізувавши ці всі пункти, були проведені експерименти з дослідження повзучості та довготривалої міцності спечених порошкових матеріалів ПМС-1, пористістю 6-19%, ПЖР-3 – 15-30% при простих напружених станах (розтяг, стиск, кручення). Досліджено вплив пористості, температури досліджень, виду напруженого стану на швидкість деформації повзучості та довготривалу міцність.

Перші експериментальні дані дозволили виявити ряд особливих критеріїв повзучості та довготривалої міцності щодо пористих матеріалів, а саме: характер діаграм повзучості та довготривалої міцності в залежності від напруженого стану, вид руйнування матеріалів та багато інших, які раніше не були дослідженими.

АНАЛІЗ СТРУКТУРИ КОНСТРУКЦІЙНИХ ПОРОШКОВИХ ВИРОБІВ НА ОСНОВІ ГЕОМЕТРИЧНО-ІМОВІРНІСНОГО ОПИСУ УПАКОВКИ ЧАСТОК ПОРОШКУ СФЕРИЧНОЇ ФОРМИ

Тулашвілі Ю.Й., Кошелюк В.А., Луцький державний технічний університет, Луцьк

Одним із перспективних напрямків створення ресурсозберігаючих технологій машинобудівного виробництва є отримання заготовок для конструкційних деталей із порошкових матеріалів. При проектуванні технологічних процесів виготовлення заготовок виникає ряд завдань, пов'язаних із забезпеченням заданих властивостей матеріалу та необхідних експлуатаційних характеристик конструкційних деталей.

Вивчення властивостей пористих матеріалів прямо пов'язане із розв'язанням технічних та технологічних завдань, що виникають перед інженерами, що займаються розробкою конструкцій, до яких входять деталі з порошкових матеріалів, а також впровадження технологій їх виготовлення. Найбільша увага приділяється питанню отримання заданих механічних характеристик пористого порошкового матеріалу.

В процесі аналізу існуючих технологій та при синтезі нових технологічних процесів отримання конструкційних порошкових виробів є доцільним розглянути такі характеристики вихідних матеріалів, як форма часток, гранулометричний склад, насипна густина, відносна густина, які суттєво впливають на характер процесу виготовлення та формування структури матеріалу. Структура та рівень міцнісних характеристик порошкового матеріалу закладається з перших операцій його виготовлення. Формування є однією з найважливіших операцій, з яких розпочинається закладання структури матеріалу.

Структуру порошкових матеріалів на сьогодні прийнято оцінювати за такою важливою загальною характеристикою, як пористість. Вона інтегрально охоплює всі складові внутрішньої структури матеріалу, такі як розмір і форма пор, зернистість, відносна густина. Дана величина та зерни-

ста будова матеріалу буде залежати від технологічних параметрів вихідних порошків. Тому доцільно вивчити вплив цих параметрів та описати їх.

Відомі рівняння формування (пресування) математичних залежностей між тиском пресування та щільністю порошкового матеріалу, відносним об'ємом, зміною пористості встановлено у працях М.Ю.Бальшина, Гекеля, Г.Ждановича, О.В.Романова та багатьох інших. Проте вихідною величиною в даних залежностях є величина пористості, яка характеризується гранулометричним складом металічного порошку.

При вивченні процесу формування варто враховувати статистичний характер структурної і геометричної активності в обсязі формовки, що визначає статистичний характер розвитку міжчасткових контактів по їхній формі, розміру і структурній досконалості. На стадіях формування ми маємо можливість визначати геометричні параметри частинок (розміри та форму). Вивчаючи та аналізуючи поведінку порошинок як простого елемента сукупної системи, можна прогнозувати величину пористості в залежності від розміру та форми самих порошинок.

ЗАДАЧИ МЕХАНИКИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ МАШИН

Большаков В.И., Институт черной металлургии НАН Украины, Днепропетровск

Металлургия является базовой отраслью экономики Украины, она дает ежегодно около 25 % валового национального продукта и обеспечивает более 40 % валютных поступлений. Развитие этой отрасли и обеспечение конкурентоспособности металлопродукции в значительной степени определяет состояние и перспективы улучшения экономического положения нашего государства. Главным направлением совершенствования металлургического производства является внедрение новых энергосберегающих технологий, создание, реконструкция и модернизация оборудования, совершенствование режимов его работы, увеличение надежности и долговечности. Эти меры должны, в конечном счете, обеспечить высокое качество продукции при уменьшении эксплуатационных затрат.

Для создания и освоения новых машин, превосходящих мировой уровень по технико-экономическим показателям, надежности, долговечности и ремонтпригодности, необходимо решать следующие научно-технические задачи:

1. Анализ и обобщение опыта эксплуатации, методов расчета и исследования, методик и результатов диагностики состояния и режимов работы металлургического оборудования, изучение причин аварий.

2. Развитие научно-методической базы для расчетов, исследования, экспертизы и освоения металлургических машин и агрегатов.

3. Совершенствование методов расчета динамики, прочности и выносливости деталей машин, нелинейных систем электро- и гидромеханических приводов машин с учетом податливости связей.

4. Разработка научно-методической и технической базы для широкого применения в металлургии систем автоматизированной диагностики состояния и точности реализации заданных режимов работы оборудования.

5. Создание методики организации ремонтов и обслуживания оборудования по его фактическому состоянию на основе результатов диагностики.

Необходимо на современной научно-технической основе развернуть работы по созданию новых и модернизации действующих машин и агрегатов металлургического производства:

высокоэффективных, компактных и надежных машин для дробления, фракционирования, транспортирования и дозирования шихтовых материалов на аглофабриках, в доменных, сталеплавильных и ферросплавных производствах;

отечественной конструкции бесконусного загрузочного устройства, средств автоматизированного контроля профиля, уровня и других характеристик шихты и газов в металлургических агрегатах, гидрофицированного оборудования для оснащения литейных дворов, аспирации и газоочистки помещений;

надежной и долговечной конструкции многодвигательного привода прокатных станов, наклона конверторов и электропечей с минимальными динамическими нагрузками, а также механизмов и

устройств, для автоматизированного отбора проб и замера показателей хода технологического процесса;

основных и вспомогательных механизмов машин непрерывной разливки стали;

высокоскоростных блоков для прокатки катанки и устройств, для регламентированного ее охлаждения, нанесения покрытий и упаковки;

высокоэффективных и малоинерционных приводов непрерывных прокатных станов, оснащенных электроприводами переменного тока с частотным регулированием скорости вращения; моталок, ножниц и других вспомогательных механизмов, систем управления параметрами листового и сортового проката;

совершенных и экономичных установок для термического упрочнения проката в потоке непрерывных станов с прокатного нагрева, систем контроля и управления свойствами стального проката;

оборудования для высокопроизводительного брикетирования мелкофракционных материалов и отходов металлургического производства с целью их возврата в технологический цикл.

ИНЖЕНЕРНАЯ МЕТОДИКА ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЛИНИИ ПРИВОДА ПРОКАТНОГО СТАНА

Веренев В.В., Институт черной металлургии НАН Украины, Днепропетровск

Причина существенных ударных нагрузок в период захвата металла валками, а также колебательных явлений в установившемся режиме прокатки заключается в особенности частотных свойств главных линий клетей. Например, близость двух низших собственных частот, а также их совпадение с частотой вращения валковой системы приводит к биениям и усилению амплитуды колебаний момента сил упругости. В свою очередь собственные частоты и их отношение зависят от конструктивных параметров линии привода. Путем выбора размеров основных элементов можно управлять частотными свойствами.

Предложенная методика основывается на использовании аналитической зависимости собственных частот от упруго-массовых параметров линии привода, представленной в виде трехмассовой системы. Учитываются установленные особенности изменения отношения частот от соотношения податливости участков двигатель-редуктор и редуктор-валки. Учитывается также экспериментальная зависимость параметров, характеризующих динамику линии (коэффициент динамичности, размах колебаний) от отношения частот, которое принято в качестве критерия оптимизации.

На основании этих зависимостей задаются величиной отношения частот, при которой коэффициент динамичности или размах колебаний уменьшаются до требуемого уровня. Это ограничение учитывается в приведенной аналитической зависимости для соотношения L/D^4 двух элементов, расположенных до и после редуктора. В результате конструктор получает в свое распоряжение ряд оптимальных значений непосредственно длин и диаметров основных элементов линии привода. Методика предназначена для выбора параметров линии привода с редуктором для клетей широкополосных станов горячей и холодной прокатки, а также для заготовочных и сортовых станов.

ВИБРАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ

Шинский О.И., Русаков П.В.,

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАНУ, Киев

При разработке новых технологических процессов литейного производства использование вибрации позволяет значительно расширить технологические возможности и диапазон достигаемых технических показателей. На большинстве литейных предприятий вибрационные технологии задействованы для изготовления форм, создания внешнего воздействия на жидкий и кристаллизующийся металл с целью улучшения его структуры, для очистки поверхности отливок и снятия остаточных напряжений в деталях.

Ряд проводимых исследований в ФТИМС НАН Украины охватывает область использования вибраций низкочастотного диапазона генерируемых центробежными вибровозбудителями с управляемым электрическим приводом. Разработка вибровозбудителей с регулируемыми параметрами частоты и вынуждающей силы обеспечила возможность построения автоматизированных систем управления процессом вибрационной обработки отливок для стабилизации их размерной точности и снижения остаточных напряжений. Разработаны и теоретически обоснованы новые способы вибрационного старения для плоских рамных отливок, длинномерных деталей и чугунных отливок коробчатой формы. Установлены оптимальные параметры контроля эффективности процесса старения по изменению интегральных энергочастотных характеристик вибровозбудителей колебаний. Разработано и создано специальное оборудование, основу которого составляют центробежные вибровозбудители с регулируемым приводом частоты вращения двигателя. Основные типы оборудования с применением центробежных вибровозбудителей:

установки для старения отливок и снижения остаточных напряжений «Вибростар», «Вибростар 1», «Вибростар М»;

вибростенды для уплотнения сухих песчаных форм под действием вибрации и вакуума;

виброплатформы для обработки вибрирующих форм в вакуумных плавильных индукционных установках.

Для формирования режимов нагружения разработаны системы управления, базирующиеся на применении электронных устройств управления и микропроцессорной техники. Использование нового поколения преобразователей частоты с диапазоном выходных частот 0,2 – 400 Гц и высокой степенью стабилизации скорости двигателя позволили в 1,3 – 1,5 раза поднять верхний предел возбуждаемых вибровозбудителями частот и уменьшить, по сравнению с приводами постоянного тока, в 1,5- 2 раза их массу.

ПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ В ПРОКАТНЫХ СТАНАХ

Крот П.В.,

Институт черной металлургии НАН Украины, Днепропетровск

Повышенная динамика при прокатке изначально обусловлена особенностью прежде всего самого технологического процесса, а также условиями эксплуатации прокатного оборудования. В настоящее время финансовые возможности отечественных производителей по закупке новых прокатных станов и модернизации существующего основного механического оборудования ограничены. Внедрение новых технологий прокатки требует улучшения качества работы и повышения производительности оборудования, что приводит к усталостному износу и отказам оборудования. В то же время происходит модернизация электроприводов, применяются компьютерные информационные системы. В этой ситуации для увеличения ресурса оборудования наиболее оправданным и экономически эффективным является разработка и внедрение систем автоматического контроля, включающих дополнительные функции управления для снижения нагрузок и текущей диагностики оборудования, что требует новых подходов к составлению моделей и исследованию колебательных явлений при прокатке.

В соответствии с существующими подходами и методами расчета динамических процессов в прокатных станах, линию привода и валковую систему клетки представляют в виде расчетной схемы с небольшим числом приведенных масс и постоянной жесткостью связей между ними с учетом зазоров. С одной стороны ограничение числа масс оправдано для приближенных оценок и аналитических решений, а с другой стороны было вызвано ранее низким быстродействием вычислительной техники при расчете многомерных систем, в том числе нелинейных. При построении детерминированных диагностических моделей колебательных процессов в оборудовании необходима более подробная детализация свойств и состава элементов расчетных схем. А именно, учет большего числа масс в редукторе и связей с переменной жесткостью в зубчатых зацеплениях, расчет колебаний отдельно каждого валка и движения металла в очаге деформации с периодически разрывающейся фрикционной связью между ними. Эти периодические воздействия по своему характеру являются параметрическими возмущениями и могут при определенных условиях с одной стороны вызывать усиление колебаний в стане, а с другой стороны параметры этих колебаний яв-

ляются важными диагностическими признаками, так как непосредственно зависят от условий контактного взаимодействия в зубчатых зацеплениях и в очаге деформации.

На примере редукторного привода вертикальных валков слябинга показаны возможности компьютерного моделирования периодических возмущений в зубчатом зацеплении и связанного с этим переходного параметрического резонанса при разгоне и торможении привода. Рассмотрены особенности взаимодействия параметрических колебаний в разветвленной механической системе редуктора и способы их регистрации для контроля и диагностики. Показано влияние настройки электрических параметров параллельных приводов постоянного тока на характер колебаний в зубчатом зацеплении редуктора.

Разрыв фрикционной связи металла с валками приводит к буксованию валков по металлу при захвате на обжимных станах и первых черновых клетях станов горячей прокатки. На станах холодной прокатки внешним проявлением фрикционных колебаний являются полосы различной шероховатости, поперечные к направлению прокатки, как на листе, так и рабочих и опорных валках. По принятой терминологии этот дефект получил название «ребристость» (английское chatter).

Анализируются ограничения подхода на основе уравнения Лагранжа, где не учитывается распределение сил трения в зоне контакта, а колебания системы считаются «малыми», происходящими около точки равновесия. Предлагается для анализа фрикционных колебаний использовать закон сохранения кинетической энергии системы. Приводятся дифференциальные уравнения движения металла в периоды сцепления и скольжения. Показано, что изменения сил трения в фрикционной связи являются параметрическими колебаниями, которые могут усиливаться при синхронизации с внешними воздействиями в прокатном стане. Результаты экспериментальных исследований высокочастотных вибраций при холодной прокатке сопоставляются с данными моделирования.

Рассматриваются способы регистрации фрикционных колебаний для контроля и диагностики условий трения в очаге деформации.

ВЕСОДОЗИРУЮЩЕЕ ОБОРУДОВАНИЕ ПОВЫШЕННОЙ НАДЕЖНОСТИ ДЛЯ СОСТАВЛЕНИЯ ЛИТЕЙНОЙ ШИХТЫ

Богдан К.С.,

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев

Для получения сплавов заданного химического состава в плавильных агрегатах литейных цехов (вагранках, индукционных и дуговых электропечах) необходимо строго соблюдать расчетное соотношение между химическими элементами в шихте при дозировании ее компонентов. Шихтовые материалы неоднородны по форме, размерам и массе отдельных кусков, химическому составу и магнитным свойствам, что создает определенные трудности дозирования, усложняет условия эксплуатации применяемого оборудования, приборов и средств автоматизации, повышает требования к ним, особенно в отношении ударостойкости и помехоустойчивости.

В Физико-технологическом институте металлов и сплавов НАН Украины на основе многолетних исследований создано весодозирующее оборудование для кусковых шихтовых материалов, отвечающее требованиям технологии плавки, как в отношении ударостойкости, так и по метрологическим показателям процесса дозирования. В состав оборудования входят:

электромеханические подающие устройства, включающие расходный бункер призматично-пирамидальной формы с нежестким креплением на основании, снабженный механизмом низкочастотного встряхивания (60-120 1/мин) с электромеханическим либо электромагнитным приводом, пластинчатый либо виброротковый питатель, датчик наличия материала на питателе и блок управления;

электромагнитные подающие устройства в виде сплошного (M22, M42, M62 и др.) либо секционного электромагнитного схвата;

бункерные и платформенные электромеханические весы стационарного и передвижного исполнения с повышенной ударостойкостью;

микропроцессорный блок индикации массы и управления процессом дозирования;

программное обеспечение, реализующее разработанные специализированные алгоритмы дозирования компонентов и составления шихты.

Это оборудование позволяет строить автоматизированные системы последовательного, параллельного и комбинированного дозирования и загрузки шихты в плавильные агрегаты производительностью 3-50 т/ч.

В докладе рассмотрены конструктивные особенности весодозирующего оборудования, приведены результаты испытаний и эксплуатации в производственных условиях, рекомендации по его применению в шихтоплавильных отделениях литейных цехов.

РОЗРОБКА КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ТРИБОТЕХНІЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ З ВИСОКОПОРИСТОЮ ОРІЄНТОВАНОЮ МЕТАЛЕВОЮ МАТРИЦЕЮ

Бойко Л.В., Дудка А.М., Вишинський В.Т.,
Національна металургійна академія України, Дніпропетровськ

Для сучасного машинобудування однією з важливих проблем є розробка нових композиційних матеріалів триботехнічного призначення (антифрикційних і фрикційних) із заданими службовими характеристиками (коефіцієнт тертя, допустима швидкість зношування, максимально допустима температура в зоні тертя та інше). Структура і властивості відомих металополімерних композиційних матеріалів не завжди відповідають оптимальним параметрам, оскільки в них відсутня система відкритих пор із направленою орієнтацією, що не дозволяє повністю заповнити пористий простір матриці полімерним композиційним матеріалом.

Створені нові композиційні матеріали триботехнічного призначення з покращеними характеристиками. Цей ефект зумовлений особливостями структури металевої пористої матриці. Для розроблених матеріалів в якості металевої матриці запропоновано принципово новий за структурою матеріал – газар. Газари – це високопористі метали (мідь, бронза, чавун, вуглецева сталь та інші) з скрізними відкритими порами й чіткою їх орієнтацією. Розміри і кількість пор на робочих поверхнях матеріалу, а також їх спрямована орієнтація можуть змінюватись у широких межах у залежності від призначення. Для поліпшення триботехнічних характеристик газарів розроблені теоретичні методи визначення оптимальних режимів заповнення високопористих орієнтованих металевих матриць методами прямого пресування та екструзії і створена технологія виготовлення багатокомпонентних металополімерних, металокерамічних і металокерамополімерних матеріалів для елементів пар тертя і ущільнень вузлів машин та апаратів.

Експериментально досліджені фізико-механічні властивості отриманих матеріалів, а також визначені їх триботехнічні характеристики в різних умовах експлуатації. Встановлено, що для пар тертя на основі газарів чавуну з розмірами пор 0,7 ... 2,5 мм і пористістю 32 ... 35% при заповненні пор композиційним полімером на основі реактопласту зносостійкість їх значно зростає в порівнянні з сірим чавуном. Так, при швидкості ковзання 0,1 ... 1,0 м/с і питомому навантаженні 0,2 ... 0,7 МПа в режимі технічного сухого тертя зносостійкість наповненого газару в 15 ... 20 разів вища. Аналогічні закономірності встановлені і для пар тертя на основі газарів із бронзи.

КОНСТРУКТИВНЫЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ МАШИН ДЛЯ ДРОБЛЕНИЯ И ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ СЫРЬЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ОГНЕУПОРОВ

Цапко В.К., Пилипчатин Л.Д., Гулковский Д.П., Вышинский В.Т., Чернавский Г.Г.,
Національна металургійна академія України, Дніпропетровськ

Для среднего и мелкого помола кварцита, шамота и других материалов исключительно широкое применение в огнеупорной промышленности нашли бегуны. В зависимости от конструктивных и технологических особенностей машины этого класса реализуют технологический процесс либо непрерывно, либо периодически по некоторому циклу. В бегунах с неподвижной чашей при вращении катков развиваются значительные центробежные силы, что в отдельных случаях приводит к возникновению аварийных ситуаций (срыв катков, деформации элементов привода враще-

ния и т.п.). Одно из решений для устранения этого недостатка – уменьшение масс, участвующих в сложном вращательном движении.

Для крупного и среднего дробления используются щековые дробилки, применяемые во многих отраслях народного хозяйства (в основном в горно-рудной промышленности и промышленности строительных материалов).

В дробилках с простым движением подвижной щеки траектории движения точек подвижной щеки представляют собой или прямые линии или части дуги окружности. Из-за малого хода сжатия верхняя часть камеры дробления работает плохо и не обеспечивает достаточным количеством материала нижние, более активные зоны камеры дробления, что приводит к значительному снижению производительности.

В дробилках со сложным движением подвижной щеки траектории движения её точек представляют собой замкнутые кривые. Хотя при дроблении абразивных материалов с высокими прочностными характеристиками это приводит к быстрому изнашиванию дробящих плит, в условиях огнеупорного производства эти потери компенсируются за счёт существенно меньших затрат энергии на разрушение.

Анализ показателей функционирования этих агрегатов на предприятиях огнеупорной отрасли и соответствующих цехов и участков на металлургических заводах Украины показал, что эти агрегаты обуславливают появление узких мест в технологических циклах основных производств. Низкий уровень надежности, малые межремонтные сроки эксплуатации основных деталей и узлов могут быть объяснены как структурным несовершенством этих агрегатов, так и высоким уровнем динамичности функционирования, что ставит задачи на выполнение исследовательских и конструкторских работ, направленных на выявление особенностей их работы с использованием последних достижений теории и практики машиноведения.

ПУТИ УЛУЧШЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГЛАВНЫХ ПРИВОДОВ СТАНОВ ХОЛОДНОЙ ПРОКАТКИ ТРУБ

Черевик Ю.И.,

Институт черной металлургии НАН Украины, Днепропетровск

Вышинский В.Т.,

Национальная металлургическая академия Украины, Днепропетровск

Результаты теоретических и экспериментальных исследований главных приводов существующих станов холодной прокатки труб (ХПТ) показали, что при форсировании их скоростных режимов работы в основных деталях и узлах этих приводов возникают большие динамические нагрузки, во много раз превышающие расчётные, поэтому долговечность их работы значительно ниже проектной.

Особенность конструкции главных приводов станов ХПТ заключается в том, что они представляют собой два замкнутых, последовательно расположенных силовых контуров с пассивной внутренней связью и односторонним приложением крутящего момента от двигателя к ведущему валу. Наличие пассивной внутренней связи между кривошипными зубчатыми колёсами усиливает статическую неопределимость привода и приводит к появлению и циркуляции в замкнутых контурах привода избыточных пассивных энергий, что приводит к повышению неравномерности нагружения шатунов.

Экспериментальными исследованиями установлено, что усилия в шатунах стана ХПТ-32 носят явно выраженный динамический характер, максимальные значения напряжений больше в правом шатуне, как при прямом, так и обратном ходе клетки, а коэффициент неравномерности нагружения шатунов при этом колеблется от 1,8 до 2,2. У станов ХПТ-55 и ХПТ-75/90 нагрузка в шатунах изменяется в основном как и у станов ХПТ-32, однако, значение коэффициента неравномерности достигает 2,5...3,2 (для станов ХПТ-55) и 2,7...3,5 (для станов ХПТ-75/90), а в определённые фазы движения клетки усилия в шатунах имеют даже противоположные знаки.

Наиболее эффективно выравнивание нагрузки между шатунами можно достигнуть путём одновременного устранения вредного влияния внутренней пассивной связи и одностороннего приложения крутящего момента от двигателя к ведущему валу. Экспериментальные исследования глав-

ных приводов станов ХПТ-32, модернизированных с учётом вышеприведенных рекомендаций, показали, что произошло выравнивание распределения нагрузки и значение коэффициента неравномерности составило 1,3...1,5. Амплитуды колебаний динамической составляющей также уменьшились. Это произошло потому, что у кривошипных шестерён появилась дополнительная степень свободы – возможность свободного относительного поворота, а крутящий момент от двигателя приложен в средней части быстроходного вала.

ПРИМЕНЕНИЕ ОТБойНО-ВОЗДУШНОЙ СЕПАРАЦИИ СТРУЖКИ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТАБИЛЬНОЙ РАБОТЫ ЦЕНТРИФУГ

Колобов Г.А.,

Запорожская государственная инженерная академия, Запорожье

Бредихин В.Н., Мирович И.Э., Козловский К.П.,

Донецкий государственный научно-исследовательский и проектный институт цветных металлов,
Донецк

Для стабилизации процесса центрифугирования стружки цветных металлов от смазочно-охлаждающих жидкостей предложено отделять кусковый лом от стружки в отбойно-воздушном сепараторе (ОВС). Установлены оптимальные параметры ОВС, выполнен расчет и планирование полного факторного эксперимента.

Сырьё, поступающее на предприятия вторичной цветной металлургии, в значительной степени представлено стружкой. Количество смазочно - охлаждающей жидкости (СОЖ) на ее поверхности составляет примерно 20 %, содержание кусковых отходов в стружке до 15%.

Прямой переплав такой стружки нецелесообразен, так как он сопровождается большими потерями металла за счет его окисления и загрязнением атмосферы продуктами сгорания СОЖ. Поэтому стружку перед плавкой подвергают термическому обезжириванию, однако высокое содержание СОЖ в стружке приводит к неустойчивой работе сушильных установок в автоматическом режиме.

Перспективным методом стабилизации работы сушильных установок и повышения их производительности является предварительное удаление СОЖ в поле центробежных сил. Для стабильной работы центрифуг необходимо удалить кусковые отходы из стружки. С этой целью в ДонНИ-ПИЦМ разработан отбойно-воздушный сепаратор, в котором выделение кусковых отходов происходит при совместном воздействии на исходный материал удара бил ротора и поперечного потока воздуха, приводящего к изменению траектории полета кусковых отходов и стружки.

Исследования работы сепаратора проведены на стружке сплавов на медной основе (латунь свинцовистая) с содержанием СОЖ 6-8%. По составу стружка на 90% представлена крупностью менее 10 мм, содержание кусковых отходов составляет 2-14%.

Первыми постановочными опытами установлены исходные конструктивные и технологические параметры сепарации: ротор диаметром 280 мм с 12 билами высотой 40 мм и полукруглой верхней частью, угол наклона лотка вибропитателя 22°, угол наклона пластин жалюзи к горизонтали 45°, ширина окна на нагнетающем 150 мм, масса металла в брезентовой шторке – 900 г.

Оптимальный режим сепарации определяли по взаимодействию следующих факторов: скорости вращения ротора, положения (открытия) заслонки на всасывающем воздуховоде, положения регулятора между отсеками для кусков и стружки по отношению к оси ротора. Производительность сепаратора при исследованиях принята 5 т/ч, отклонение $\pm 5\%$, содержание кусковых отходов 5%. Отходы представлены латунными цилиндрами диаметром 28-30 мм длиной 53-62 мм. Масса цилиндров 310-320 г.

Пробу стружки массой 60 кг смешивали с кусковыми отходами массой 3,15 кг (10 штук цилиндров) и пропускали через сепаратор. Контрольное время прохождения пробы через сепаратор – 46 с. В установленном режиме сепарации пропускали по 3 пробы стружки с отходами и определяли среднее значение извлечения кусков из стружки.

Результаты отбойно-воздушной сепарации стружки показали, что лучше извлекаются кусковые отходы с примерно равными поперечными размерами.

Применение ОВС дает возможность извлечь из стружки до 75% кусковых отходов, повысить стабильность работы центрифуг, что снизит выбросы вредных веществ в атмосферу при сушке стружки и позволит получить металл высокого качества и с наибольшим металлургическим выходом.



СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ТРУДОВЫМИ РЕСУРСАМИ

ВАС БЕСПОКОЯТ ПРОБЛЕМЫ:

- ♦ контроля присутствия-перемещения персонала и посетителей
- ♦ охраны объектов предприятия
- ♦ обеспечения безопасных условий труда
- ♦ поддержания производственной дисциплины
- ♦ оперативного учета рабочего времени многочисленного персонала
- ♦ высвобождения руководителей от ведения рутинного бумажного учета

МЫ ПОМОЖЕМ ИХ РЕШИТЬ

- ♦ при помощи бесконтактных карточек-пропусков и сети различных считывателей обеспечим удобную регистрацию персонала и посетителей в любом месте территории предприятия
- ♦ система разнообразных турникетов, замков и других исполнительных устройств в сочетании с видеонаблюдением и набором прав доступа осуществит контроль доступа на объекты предприятия
- ♦ оперативная и достоверная информация после соответствующей аналитической обработки удовлетворит любого пользователя системы и позволит решать такие задачи:
 - обеспечение безопасных условий труда;
 - поддержание производственной дисциплины;
 - полное обеспечение учета рабочего времени;
 - оперативная оценка использования трудовых ресурсов;
 - автоматизированная подготовка данных для начисления заработной платы.

Фирма осуществляет полный комплекс работ по внедрению системы:

- ♦ предпроектное обследование
- ♦ подготовка технического задания
- ♦ монтаж, наладка и настройка системы
- ♦ обучение пользователей
- ♦ тестирование
- ♦ опытная эксплуатация
- ♦ ввод в эксплуатацию
- ♦ авторское сопровождение

Модульная организация системы позволяет поэтапно вводить и наращивать ее функциональные возможности.

Внедрения системы:

ГХК шахта "Краснолиманская"
Луганский авиационный ремонтный завод
банк "ДонКредитИнвест"
предприятие "Лемтранс"
завод Каргилл

Наши координаты:

83050, г.Донецк, ул. Щорса 46, офис 701

тел./факс (062)334-22-22

e-mail: ami@ami.ua <http://ami.ua/>