

УДК 53.083(430.1)

В. А. Ковалев, А. А. Хорешок, Б. Л. Герике, С. Г. Мухортиков

ДИАГНОСТИКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЕДУКТОРОВ ПРОХОДЧЕСКОГО КОМБАЙНА СМ-130К ПО РЕЗУЛЬТАТАМ АНАЛИЗА РАБОТАЮЩЕГО МАСЛА

По результатам многочисленных исследований годовая производительность проходческих комбайнов к концу срока их службы сокращается по сравнению с первоначальной, снижается безопасность их эксплуатации. За срок службы расходы на техническое обслуживание и ремонт превосходят первоначальную стоимость в несколько раз. Поэтому важным направлением при эксплуатации является точная и достоверная прогнозная оценка основных показателей надежности узлов и деталей. В качестве средства, обеспечивающего повышение эффективности и надежности работы проходческого оборудования, служит диагностирование технического состояния его элементов.

Техническое диагностирование является составной частью технологических процессов приема, текущего обслуживания и ремонта проходческих комбайнов и представляет собой процесс определения технического состояния объекта диагностирования с определенной точностью и без его разборки и демонтажа.

Одним из наиболее часто используемых методов диагностирования технического состояния является метод, оценивающий состояние узлов и агрегатов по физико-химическому составу отработавших эксплуатационных материалов. Например, анализ отработанного масла на загрязнение, спектральный анализ проб масел, в результате проведения которого по наличию и концентрации различных химических элементов в масле можно поставить диагноз работоспособности отдельных узлов и сопряжений агрегата.

Работающее масло отличается от таких носителей информации как электрические, механические, акустические и т. д., главным образом тем, что несет комплексную информацию, позволяющую не только диагностировать и прогнозировать техническое состояние объекта, но и описывать различные процессы, протекающие в нем, а это дает возможность выявлять причины снижения надежности и экономичности, а также оценивать их количественно [1].

Для реализации такой возможности машину или механизм следует представлять в виде структурно-вероятностной системы «механизм – масло» (рис.1), где X – набор входных параметров, которыми характеризуются работа механизма и условия ее эксплуатации, X_m – набор исходных показателей, характеризующих текущие свойства и состояние масла. Выходными параметрами являются U (оценка технического состояния механизма) и U_m (оценка состояния работающего мас-

ла).

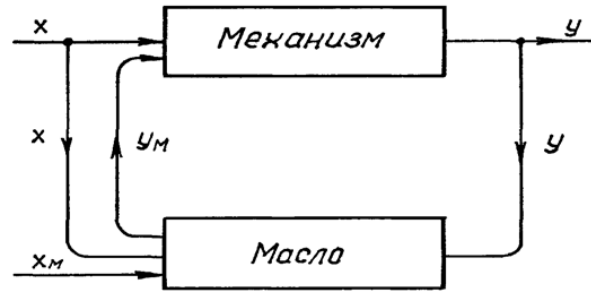


Рис. 1 – Кибернетическая модель трибологической системы «механизм – масло»

При этом основным источником информации является работающее масло, а получение информации от других источников ставится в прямую зависимость от основного.

Информация, содержащаяся в работающем масле, характеризуется качественными показателями, количественные характеристики которых получают в результате физико-химических, спектральных и других методов непосредственного анализа масла.

В основу методологического подхода к исследованию системы «механизм – масло» положен принцип описания ее комплексом показателей, характеризующих функциональные свойства системы в каждый заданный момент времени по анализу единичной пробы масла.

Это дает возможность решать широкий круг задач с целью повышения работоспособности системы «механизм – масло». К их числу относятся:

- оценка степени влияния конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов на эксплуатационную надежность и долговечность машин и механизмов;
- оценка эффективности новых сортов масел;
- разработка вопросов диагностики и прогнозирования ресурса машин и механизмов по параметрам работающего масла;
- создание универсальных высокоэффективных систем контроля надежности и долговечности машин и механизмов с замкнутой системой смазки.

Процессы, происходящие в технике, свойства масел и определяющие параметры системы представлены в табл. 1.

Процесс накопления примесей рассматривается как детерминированный, учитывающий непрерывность расходования масла и образования при-

Таблица 1. Связь параметров системы «механизм – масло»

Процессы в технике	Свойства масел	Определяющие параметры системы
Подача (прокачиваемость)	Низко- и высокотемпературные	Вязкость, температура застывания (кристаллизации), содержание воды, содержание механических примесей, в том числе продуктов износа
Образование отложений	Термоокислительная стабильность	Кислотное число
	Термическая стабильность	Количество осадков и отложений
Изнашивание (накопление продуктов износа)	Противоизносные	Содержание продуктов износа в масле
Воздействие на резино-технические изделия	Физико-химическая стабильность	Изменение массы и структуры изделий
Деструкция компонентов масел	Физическая стабильность	Вязкость, испаряемость

месей. В результате исследований было установлено, что этот процесс во времени имеет два периода – роста и стабилизации (рис. 2).

При прочих равных условиях продолжительность периода роста определяется емкостью масляной системы механизма: чем меньше емкость, тем быстрее наступает стабилизация. Это свойство определяется главным образом наличием

ческого обслуживания и ремонта, а также планирование эксплуатационных расходов на научную основу, а во втором – осуществить научно обоснованный выбор перспективных машин и механизмов с точки зрения их надежности. В отношении горных машин прогнозирование долговечности позволяет вносить необходимые изменения конструкторских, технологических и эксплуата-

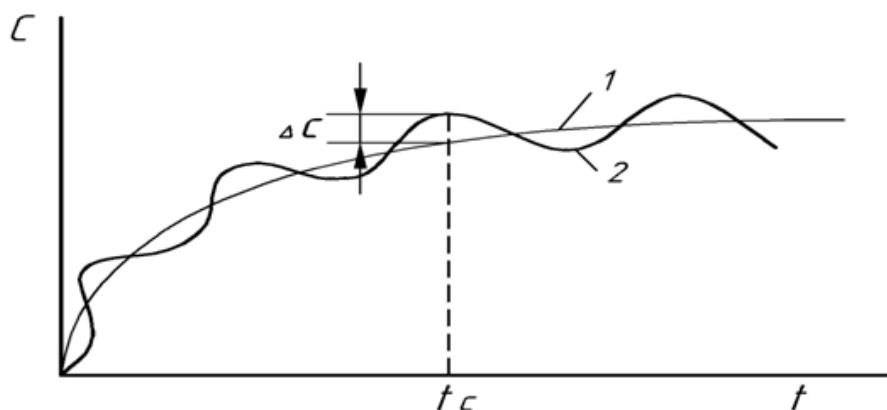


Рис. 2. Зависимость процесса накопления механических примесей в работающем масле от срока его службы: 1 – теоретическая; 2 – действительная

фильтров в масляной системе.

На рис. 2. приняты следующие обозначения: C – концентрация механических примесей в работающем масле; ΔC – изменение концентрации механических примесей в работающем масле; t – срок службы масла; t_c – срок службы масла при котором изменяется продолжительность периода роста и уровень стабилизации величины концентрации примесей.

Прогнозирование работоспособности системы «механизм – масло» позволяет планировать сроки постановки машин на техническое обслуживание и ремонт и сроки смены в них масла; оценивать долговечность машин, не достигших своего предельного состояния.

В первом случае это дает возможность поставить плано-предупредительную систему техни-

ческих факторов, не дожидаясь наработки до заданного ресурса. Эти изменения позволят повысить ресурс работы машин и механизмов.

Прогнозирование остаточного ресурса деталей «критических по надежности» методом эмиссионного спектрального анализа масла основано на закономерностях их изнашивания. Объектами прогнозирования остаточного ресурса могут быть такие детали, закономерности изменения геометрических или кинематических размеров которых на участке установившегося износа сопровождаются определенными закономерностями поступления какого-либо элемента-индикатора износа в масляную систему.

Сущность метода эмиссионного спектрального анализа масла заключается в определении в работавшем масле содержания продуктов износа

взаимодействующих деталей и посторонних механических примесей. Концентрация примесей возрастает с увеличением интенсивности поступления примесей в масло, т. е. с увеличением скорости изнашивания механизмов редуктора. При продолжительной работе редуктора концентрация примесей возрастает с увеличением исходной концентрации.

При обновлении масла в редукторе уровень концентрации примесей в нем изменяется в зависимости от исходной концентрации, количества масла в системе и продолжительности работы редуктора. Из этого следует, что при длительной работе масла в редукторе концентрация механических примесей увеличивается, а масло теряет свои смазывающие свойства. При помощи спектрального анализа масла можно определить техническое состояние редуктора и необходимость проведения того или иного вида ремонта.

Для анализа отобранных проб масла из редуктора режущей части проходческого комбайна СМ-130К применяется многоканальная фотометрическая система МФС-7. Установка при помощи спектрального анализа механических примесей масла осуществляет определение концентраций металлических частиц в нем – продуктов изнашивания деталей (содержание щелочных металлов, Са и Ва – основы моюще-диспергирующих и других присадок к маслам, а также кремния, как основы абразивных, самых опасных загрязнений масла).

При анализе масла определяются следующие параметры: вязкость, температура вспышки, капельная проба, содержание воды, механические примеси, содержание металлов. Основными металлами, применяемыми для диагностирования технического состояния редукторов, являются железо, медь, хром, никель и кремний.

Предельные значения содержания металлов в масле приведены в табл. 2.

Таблица 2. Предельные значения содержания металлов в масле

Металл	Содержание в масле редуктора режущей части проходческого комбайна СМ-130К, %
Железо	0,5
Медь	0,001
Хром	0,5
Кремний	0,5
Никель	0,5

Взятие проб масла выполнялось со следующей периодичностью:

- во время регулярных проверок при каждом ТО-1;
- перед сменой масла;
- более часто, если подозревается ненормативный износ.

По данным анализа строились графики, где

наблюдался рост содержания механических примесей и различных металлов.

Для определения наличия зависимости между наработкой и изменением концентрации различных металлов, отражающих техническое состояние редуктора режущей части комбайна СМ-130К, циклический порядок наработки путем сортировки был преобразован в нарастающий от минимального до максимального значений.

При этом получилась некоторая совокупность точек, приведенная на рис. 3.

Как следует из анализа рисунка, кривые имеют ряд локальных экстремумов, причиной возникновения которых в процессе эксплуатации является долив свежего масла в редуктор. Данная ситуация возможна и при полной смене масла при проведении регламентных работ по ТО. Кроме этого данные эксперимента показали, что металлы в процессе работы накапливаются практически равномерно.

Поэтому для проведения следующего этапа экспериментальных работ были взяты средние значения изношенных металлов (механические примеси).

Последующий визуальный осмотр и дефектация редуктора резания показали правильность поставленного диагноза (рис. 4).

Наличие веществ, вызывающих коррозию, и абразивных частиц в смазочном материале приводит к абразивному износу, коррозии поверхности зубьев, способствует возникновению газовой или жидкостной эрозии.

Развитию абразивного износа способствует использование пластичной или загрязненной смазки, являющейся аккумулятором абразивных частиц.

В дальнейшем у изношенных передач повышаются зазоры в зацеплении, усиливаются шум, вибрация, динамические перегрузки [2, 3]; искажается форма зуба; уменьшаются размеры поперечного сечения, прочность зуба.

Основные меры предупреждения – защита от загрязнения, применение магнитных фильтров и повышение качества фильтрации масла [4]. Несвоевременно обнаруженный абразивный износ ликвидируется только заменой зубчатой пары (рис. 4).

По проведенному опыту и полученным результатам построены графики, отражающие характер изменения содержания механических примесей работающего масла в зависимости от наработки.

Данные проведенных экспериментов позволили выявить зависимость количества механических примесей от наработки (рис. 5).

На рис. 5 приняты следующие условные обозначения: $t_{кр}$ – критическая температура масла; t – температура масла; Me – концентрация механических примесей; $Me_{кр}$ – критическая концентрация

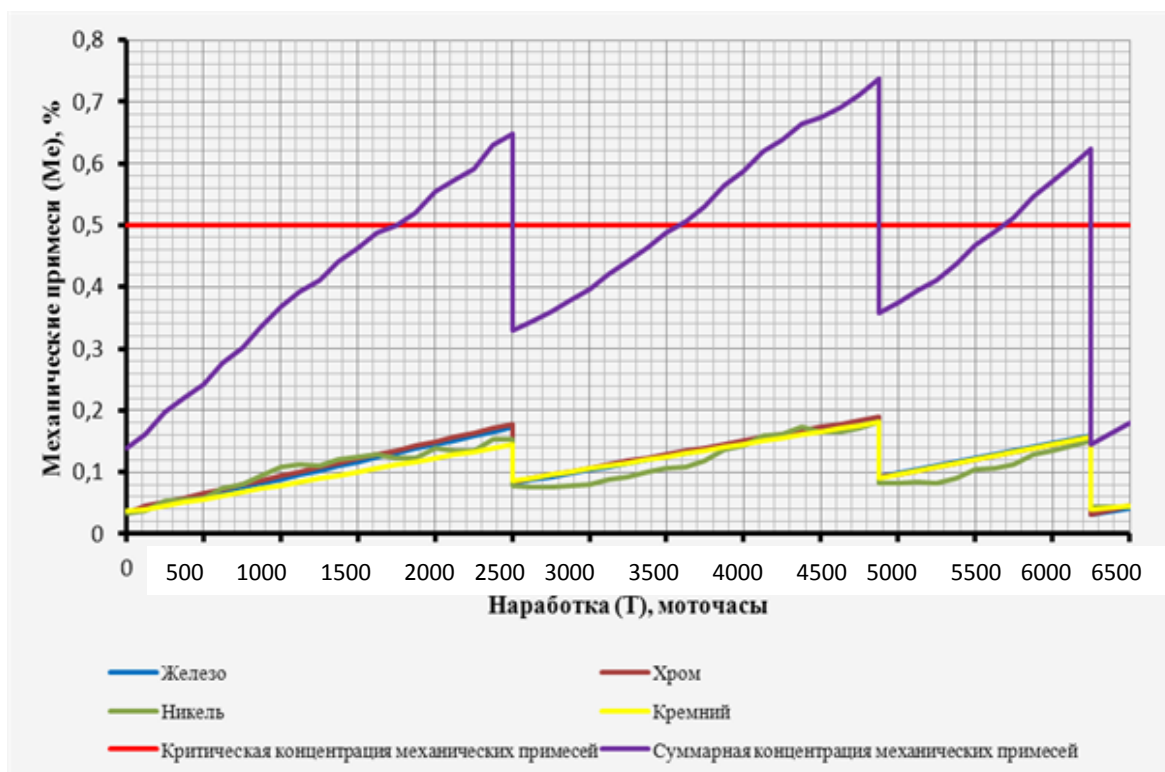


Рис. 3 Диаграмма содержания механических примесей в масле от наработки



Рис. 4. Дефекты зубчатой передачи в волновом редукторе резания комбайна СМ-130

ция механических примесей; L – периодичность смены масла; L_3 – экспериментальная периодичность смены масла.

В табл. 3 представлены результаты подбора математической модели для описания экспериментальной зависимости количества механических

примесей, как функции от наработки $Me=f(T)$.

Из анализа результатов табл. 3 видно, что аппроксимация $Me = -5 \cdot 10^{-8}T^2 + 0,0004T + 0,071$ описывает экспериментальную зависимость $Me = f(T)$ с весьма высокой достоверностью.

Проведенные исследования позволили вы-

Таблица 3. Результаты подбора математической модели

Функциональная зависимость	Достоверность аппроксимации
$Me = 0,0003T + 0,106$	0,979
$Me = 0,15e^{0,0008T}$	0,896
$Me = 0,269\ln(T) - 1,3794$	0,927
$Me = -5 \cdot 10^{-8}T^2 + 0,0004T + 0,071$	0,991
$Me = 0,0037T^{0,68}$	0,980

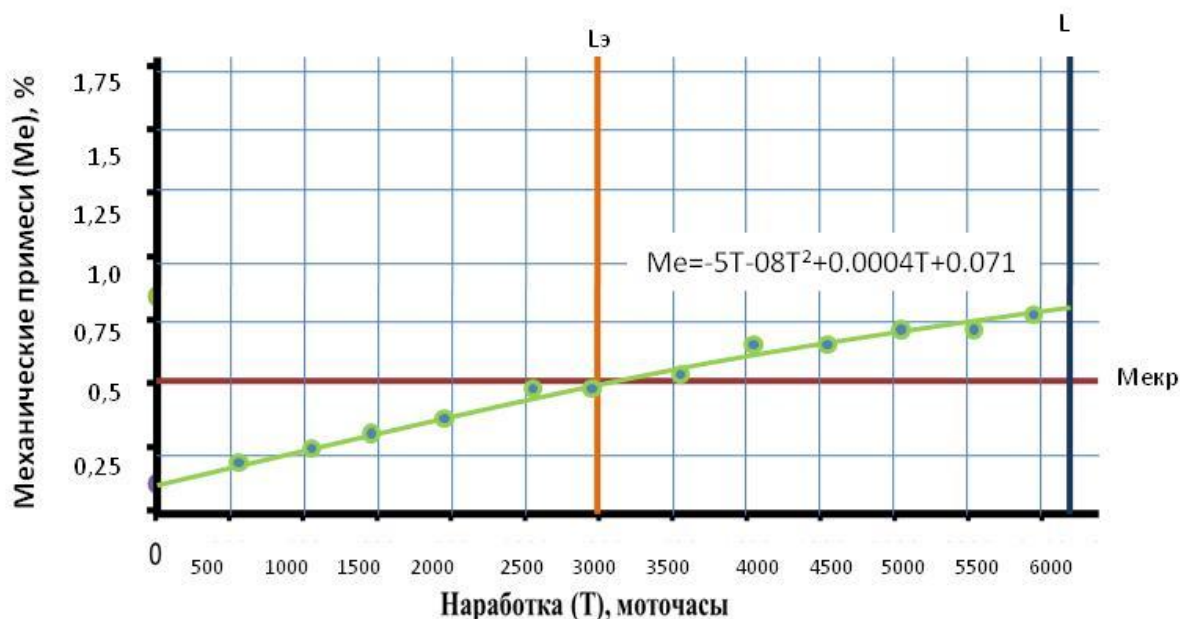


Рис. 5. Зависимость количества механических примесей в масле редуктора режущей части проходческого комбайна СМ-130 от наработки

явить преимущества системы диагностирования по составу и количеству механических примесей в масле. Это позволяет с высокой доверительной вероятностью прогнозировать момент перехода в неисправное состояние, грозящее аварийным отказом узлов и агрегатов проходческих

комбайнов избирательного действия и осуществлять эффективное планирование ремонтных работ, предупреждающих возникновение аварийных ситуаций

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соколов, А. И. Оценка работоспособности машин по параметрам работающего масла. Учеб. пособие / А. И. Соколов, Н. Т. Тищенко, В. А. Аметов. – Томск: Изд-во Томского университета, 1991. – 200с.
2. Герике Б.Л. Диагностика горных машин и оборудования. Учебное пособие. /Б.Л. Герике, П.Б. Герике, Г.И. Козовой, В.С. Квагинидзе, А.А. Хорешок. / Москва, изд-во «У Никитских ворот». – 2012. – 400 с.
3. Неразрушающий контроль. Справочник в 7 томах под редакцией чл.-корр. РАН В.В. Клюева, т.7 – Москва, 2005. – 828 с.
4. Кравченко, В. М. Классификация повреждений зубчатых передач./В. М. Кравченко, В. А. Сидоров, В. В. Буцукин.// Горное оборудование и электромеханика. - № 7, 2012. – С. 41-43.

□ Авторы статьи:

Ковалев
Владимир Анатольевич
д-р техн. наук, ректор
КузГТУ

e-mail: kva@kuzstu.ru

Хорешок
Алексей Алексеевич
д-р техн. наук, проф., ди-
ректор горного института
КузГТУ, зав. лаб. средств
механизации отработки
угольных пластов Инсти-
тута угля СО РАН
тел. 8(3842) 39-69-40.

Герике
Борис Людвигович
д-р техн. наук, проф.,
главный научный сотруд-
ник лаб. угольного маши-
новедения Института угля
СО РАН, профессор каф.
горных машин и комплек-
сов КузГТУ
Email: am_besten@mail.ru

Мухортиков
Сергей Григорьевич
аспирант КузГТУ,
тел. 8(3842) 39-69-40

ISSN 1999-4125

ВЕСТНИК

КУЗБАССКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

1-14

ВЕСТНИК

КУЗБАССКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

№1 (101), 2014

Основан в 1997 году
Выходит 6 раз в год
ISBN 5-89070-074-X

Редакционная коллегия:

Антонов Ю.А., к.т.н., Блюменштейн В.Ю., д.т.н. (зам. главного редактора), Голофастова Н.Н., к.э.н., Завьялов В.М., д.т.н., Зникина Л.С., д.п.н., Исмагилов З.Р., член-корреспондент РАН, д.х.н., Каширских В.Г., д.т.н., Клишин В.И., член-корреспондент РАН, д.т.н., Клубович В.В., академик НАН Беларуси, д.т.н., Ковалев В.А., д.т.н. (главный редактор), Колесников В.Ф., д.т.н., Конторович А.Э., академик РАН, д.т.н., Коротков А.Н., Лесовая Н.К. (отв. секретарь), д.т.н., Мазикин В.П., д.т.н., Мальшев Ю.Н., академик РАН, д.т.н., Маметьев Л.Е., д.т.н., Масленников Р.Р., к.т.н., Нестеров В.И., д.т.н., Першин В.В., д.т.н., Петрик П.Т., д.х.н., Ренев А.А., д.т.н., Тайлаков О.В., д.т.н., Трубчанинов А.Д., к.т.н., Угляница А.В., д.т.н., Федяев М.Ю., к.т.н., Хмяляйнен В.А., д.т.н., Цзяо Ви-го, д.т.н., Черкасова Т.Г., д.х.н., Шевченко Л.А., д.т.н., Юй Шен-вэнь, д.т.н.

Журнал включен в "Перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук".

Кемерово
© Кузбасский государственный
технический университет
имени Т.Ф.Горбачева, 2014

Адрес редакции: 650099,
Кемерово, ул. Дзержинского 9,
комн. 2100, тел.39-69-28
http: www.kuzstu.ru
e-mail: tma_vt@kuzstu.ru

СОДЕРЖАНИЕ

ГОРНЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

- Л.Е. Маметьев, А.А. Хорешок, А.Ю. Борисов, А.В. Воробьев.* Совершенствование конструкций узлов крепления дискового инструмента на коронках проходческих комбайнов 3
- В.А. Ковалев, А.А. Хорешок, Б.Л. Герике, С.Г. Мухортиков.* Диагностика технического состояния редукторов проходческого комбайна СМ-130К по результатам анализа работающего масла 6
- В.И. Клишин, Д.И. Кокоулин, А.П. Гуртенко.* Обоснование параметров и разработка станков для бурения скважин из подземных горных выработок. 11
- В.Ю. Тимофеев, М.В. Дохненко.* Определение параметров силового распределения в элементах волновой передачи с промежуточными телами качения с полым валом в трансмиссии геодода 16
- С.Г. Мухортиков.* Диагностика редуктора резания проходческого комбайна избирательного действия 19
- П. Б. Герике.* Определение дефектов динамического оборудования тяговых лебедок экскаваторов типа драглайн по параметрам механических колебаний 21
- П. Б. Герике.* Выявление дефектов напорных лебедок экскаваторов типа ЭКГ методами контроля по параметрам механических колебаний 26
- П.В. Бурков, С.П. Буркова, В.Ю. Тимофеев, А.А. Ащеулова, Д.А. Захаров.* Исследование взаимодействия диагностического дефектоскопа с трупопроводом методом конечных элементов 30

ГЕОТЕХНОЛОГИЯ

- В.И. Клишин, У. Кислинг, М. Ройтер, А.О. Вессел.* Система автоматического управления крепью (САУК) как средство адаптации крепи к различным горно-геологическим условиям шахт Кузбасса. 34
- А.С. Кондратенко, В.В. Тимонин, А.А. Абыров, М.К. Госманов, Б.У. Есенов, Е.Б. Жаркенов.* Технология безопасного сооружения бесшпандельных горизонтально-наклонных скважин 40
- И.А. Паначев, И.В. Кузнецов.* Взаимосвязь напряжений в металлоконструкциях заднего моста большегрузных автосамосвалов и удельных затрат энергии при транспортировании горной массы 45
- И.А. Паначев, И.В. Кузнецов.* Анализ напряженно-деформированного состояния металлоконструкций балки заднего моста большегрузных автосамосвалов 49
- О. Н. Камкичева.* Минералогия кальцифиров месторождения Ормизан (Киргизия) 53
- Б. А. Анферов, Л. В. Кузнецова.* Формирование раздельных транспортных потоков горной массы в шахте при выемке угольных пластов с ценными химическими элементами 57

ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ И СИСТЕМЫ

- Е.К. Ещин.* Об управлении пуском асинхронного электродвигателя 62
- А.В. Липин.* Разработка математической модели взаимодействия постоянного магнита и электромагнита 65
- А.В. Липин.* Актуальность и принципы функционирования устройства «Многокоординатный электродвигатель» 68

ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

- К.Л. Панчук, А.С. Нитейский.* Дифференциально-геометрический метод образования развертывающихся поверхностей 70

АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ

- А.Ю. Захаров, А.Ю. Воронов.* Влияние некоторых факторов на производительность карьерных экскаваторно-автомобильных комплексов 74

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

- А.А. Симонова, Н.В. Везеуб, Л.И. Пупань.* Особенности процесса резания субмикроструктурных двухфазных титановых сплавов 77
- А.С. Потапов, А.И. Хлебников.* Теоретическое и экспериментальное исследование реакционной способности 1,2-ди(пиразол-1-ил)-1,2-дихлорэтанов в реакциях замещения и элиминирования 84
- Г.П. Хохлова, Ч.Н. Барнаков, Л.М. Хицова, З.Р. Исмагилов.* Особенности термопревращения каменноугольного пека в условиях низкотемпературной каталитической графитации 89

<i>Т.В. Буланова, И.В. Исакова, Т.Г. Черкасова.</i> Изучение процессов термолитиза рейнекатов комплексов марганца (II) и лантана (III) с диметилсульфоксидом.	96
<i>А.В. Маркидонов.</i> О возможности создания капиллярных структур в кристалле путем деления латентных треков ударными волнами (компьютерное моделирование)	99
ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА	
<i>А.С. Сорокин.</i> Распространение обобщенного уравнения Лёвнера на отображения, однолистные в конечносвязных областях.	104
ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ТРУДА	
<i>Л.А. Шевченко, А.Н. Поздняков.</i> Методика оценки комплексного риска возникновения аварий, инцидентов, несчастных случаев и экологического ущерба, на опасных производственных объектах электроэнергетики на примере ОАО «Южно-Кузбасская ГРЭС» ..	106
<i>Л.А. Шевченко, А.Н. Поздняков.</i> Алгоритм оценки эффективности системы управления охраной труда и промышленной безопасностью на опасных производственных объектах электроэнергетики на примере ОАО «Южно-Кузбасская ГРЭС»	111
ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ	
<i>Ю.А. Фридман, Е.Ю. Логинова, Г.Н. Речко.</i> Конкуренция в угольной отрасли Кузбасса: введение в проблему	117
<i>Jürgen Kretschmann.</i> Sustainable Land Management in Urban Areas: The Ruhr Area as a Role Model	127
<i>Т.Л. Смирнова.</i> Институциональная природа рынка рабочей силы как фактор трансформации экономики в России	133
<i>Н.И. Миндияров, К.Э. Рейзенбук.</i> Разработка торговой системы для прогнозирования котировок акций и автоматической торговли на фондовом рынке	139
<i>А.Н. Малюгин, Е.И. Колотовкина, И.В. Кудиенко.</i> Проблемы обеспечения необходимой инфраструктурой земельных участков города Кемерово	144
<i>А.Ю. Тюрин.</i> Городские распределительные центры в концепции городской логистики	146
ИСТОРИЧЕСКИЕ НАУКИ	
<i>А.М. Илюшин, В.А. Борисов, В.А. Бутьян.</i> Полевые исследования Кузнецкой комплексной археолого-этнографической экспедиции в 2012 году	149
<i>М.А. Орлов.</i> Кемеровский лагерь военнопленных и интернированных № 503 (1945 – 1949 гг.)	160
ФИЛОСОФСКИЕ НАУКИ	
<i>С.П. Мякинников, А.В. Муранова.</i> Социодуховные средства урегулирования отношений этносов и природы (на примере современной России)	166
СОЦИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ	
<i>М.М. Петрова, Д.Н. Долганов, Л.И. Законнова, И.Ю. Верчагина.</i> Осведомленность о системах электронных услуг и электронного правительства как метамотивационный процесс	170
<i>Э.Н. Вольфсон, Н.Е. Драгунова, С.А. Арутюнян, Ю.Е. Логунова.</i> Дебюрократизация в процессе аттестации государственных гражданских служащих Российской Федерации.....	175
<i>Н.А. Заруба, А.В. Кожевникова.</i> Корпоративное обучение специалиста как фактор повышения уровня функционирования муниципальной образовательной организации	177
ПРОБЛЕМЫ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ	
<i>М.А. Тынкевич, И.Е. Трофимов, А.Г. Пимонов.</i> Специальность «Прикладная информатика (в экономике)»: проблемы и опыт подготовки специалистов	181
РЕФЕРАТЫ	187
СПИСОК АВТОРОВ	197

Ответственный редактор -
к.ф.-м.н., профессор кафедры
прикладных информационных
технологий КузГТУ
- М.А.Тынкевич

Дизайн обложки -
Ю.Е.Волчков, Д.А. Бородин

Подписано к печати 10.02.2014

Формат 60×84 /8.
Бумага офсетная.
Печать офсетная.
Гарнитура Таймс.
Уч.-изд. л. 20.
Тираж 150 экз.
Заказ 37

Кузбасский государственный
технический университет
имени Т.Ф. Горбачева
650000, Кемерово,
ул. Весенняя, 28.

Полиграфических цех КузГТУ

650000, Кемерово,
ул. Д.Бедного, 4а

Лицензия на издательскую дея-
тельность ИД № 06536