

ГОРНЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

УДК 622.232.83.054.52

Л.Е. Маметьев, А.А. Хорешок, А.Ю. Борисов, А.В. Воробьев

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ УЗЛОВ КРЕПЛЕНИЯ ДИСКОВОГО ИНСТРУМЕНТА НА КОРОНКАХ ПРОХОДЧЕСКИХ КОМБАЙНОВ

На кафедре горных машин и комплексов КузГТУ им. Т.Ф. Горбачева были проведены комплексные исследования [1–4], направленные на разработку новых технических решений по узлам крепления дискового инструмента на радиальных коронках проходческих комбайнов избирательно-го действия. В качестве базовых вариантов узлов крепления дисковых инструментов к радиальным коронкам проходческого комбайна были выбраны двухпорные внутренние схемы размещения дисков между кронштейнами и внешние консольные схемы размещения дисков перед трехгранными призмами. В результате проведенных исследований разработана модель и произведена оценка напряженно-деформированного состояния различных вариантов узлов крепления дискового инструмента при разрушении структурно неоднородного забойного массива горных пород с пределами прочности на одноосное сжатие $\sigma_{сж} = 50 \div 140$ МПа.

Для моделирования напряженно-деформированного состояния (НДС) узлов крепления дискового инструмента на коронках проходческих комбайнов использовалась система SolidWorks Simulation, в которой общий алгоритм решения задачи по методу конечных элементов (МКЭ) в линейной постановке имеет следующий вид [5]:

1. Производится дискретизация объема, занимаемого деталью или сборкой на элементы (создается сетка конечных элементов). Для объемного тела область разбивается на тетраэдры с гранями, аппроксимируемыми линейными или параболическими функциями координат. Для поверхностных моделей – на плоские или криволинейные треугольники.

2. Для пространственных конечных элементов степенями свободы являются перемещения в направлении осей локальной системы координат элемента. Для конечных элементов оболочек к трем перемещениям в каждом узле добавляются по три угла поворота нормали к срединной поверхности области, аппроксимируемой элементом, относительно тех же осей.

3. Определяются зависимости для преобразования перемещений и углов поворота в узлах к глобальной системе координат.

4. Вычисляются матрицы жесткости конечных

элементов. В формулы для расчета компонентов матриц жесткости конечных элементов помимо координат узлов входят модули упругости и коэффициенты Пуассона материалов. Если анализируется сборка, то в зависимости от принадлежности элемента детали при расчете матриц жесткости элементов используются соответствующие характеристики жесткости материала.

5. Полученные матрицы жесткости с использованием зависимостей для перехода от локальных систем координат элемента в глобальные преобразуются в глобальную систему координат.

6. Матрицы жесткости, представленные в глобальных координатах, объединяются в глобальную матрицу жесткости [K].

7. Назначенные пользователем граничные условия, статические и кинематические, приводятся к нагрузкам и перемещениям в узлах, выраженным в глобальной системе координат, и включаются в столбец усилий [F].

8. Полученная линейная система уравнений вида $[K] \{\Delta\} = \{F\}$ решается относительно столбца перемещений $\{\Delta\}$. Для решения используются итерационные или прямые методы.

Для описания особенностей решаемой задачи использовались кинематические (крепления) и статические (нагрузки) граничные условия. В качестве кинематического граничного условия использовалось крепление "Зафиксированный", приложенное к нижней поверхности в виде основания трехгранной призмы, жестко прикрепленного к корпусу коронки проходческого комбайна. Данный вид крепления задает линейные перемещения по трем координатным осям, равные нулю. В качестве статического граничного условия использовалась сила, приложенная к части грани диска и сориентированная в соответствии с составляющими силы резания. Принималось, что сила равномерно распределена по поверхности, к которой она приложена.

Поскольку расчет проводился для сборки узла крепления дискового инструмента на коронке проходческого комбайна, необходимо было описать условия контактного взаимодействия для соприкасающихся граней деталей. Было применено контактное условие "Нет проникновения", исключая

шее возникновение интерференции компонентов, но допускающее появление зазоров. Контактное условие использовалось с опцией "Поверхность с поверхностью". Данный набор контактных условий дает максимальную точность при решении контактной задачи с гладкими криволинейными взаимодействующими гранями, но требует наибольших затрат вычислительных ресурсов.

При дискретизации геометрической модели использовалась сетка с параболическими конечными элементами (КЭ) в форме тетраэдров (рис. 1). Параболические КЭ обеспечивают лучшее описание геометрии модели сеткой и повышенную точность расчетов за счет большего по сравнению с линейными КЭ числа узлов. Параметры сетки: размер КЭ – 10 мм; допуск – 0,5 мм; автоматическое уплотнение сетки не использовалось.

В SolidWorks Simulation доступны два алгоритма решения системы линейных уравнений:

- прямой метод для разреженных матриц (Direct sparse). Этот метод базируется на алгоритме Холеского с применением компактной схемы хранения матрицы жесткости;

- итерационный компактный метод (FFEPlus).

Он основан на разложении Ланшоца и рекомендуется для задач с числом степеней свободы более 300 тыс.

Для расчета использовался алгоритм FFEPlus, поскольку он, как правило, является более производительным при решении задач большой размерности.

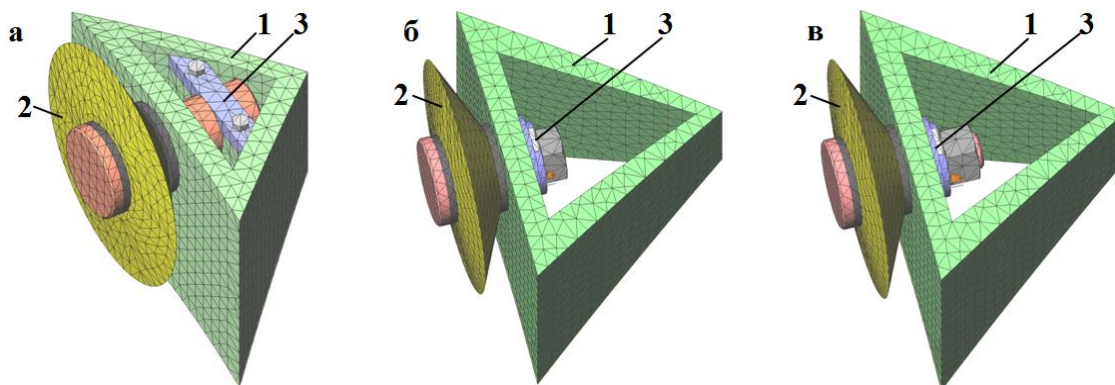


Рис. 1. Конечно-элементные модели трех вариантов конструкций закрепления дискового инструмента к трехгранным призмам: а – первый с планкой-замком; б – второй с крепежным винтом; в – третий с гайкой; 1 – трехгранная призма; 2 – дисковый инструмент; 3 – узел крепления

Одной из актуальных задач при эксплуатации проходческого комбайна избирательного действия является расширение возможностей его управления и повышение безопасности труда. Для решения подобных задач группой авторов предложено техническое решение (патент РФ 2494253) [6], целью которого является обеспечение возможности совмещения операций по управлению гидромоторами механизма перемещения и гидроцилиндрами аустригеров с сохранением возможности управления гидроцилиндрами независимо от управления гидромоторами.

В результате совместных исследований, проводимых на протяжении нескольких лет учеными кафедры горных машин и комплексов КузГТУ, кафедры горно-шахтного оборудования ЮТИ ТПУ совместно с производителями ОАО "СУЭК-Кузбасс" предложены и разработаны новые технические решения, обеспечивающие решение актуальных задач по повышению эффективности:

- проведения горных выработок путем совмещения процессов разрушения забоя, дробления негабаритов и погрузки продуктов разрушения при использовании двух вариантов конструктивного исполнения для рабочего органа проходческого комбайна, каждый из которых включает по две разрушающе-погрузочные коронки в виде усеченной конической поверхности или усеченных многогранных пирамид, на которых прикреплены трехгранные призмы с дисковыми инструментами (патент РФ 2455486) [7];

- монтажа и демонтажа в призабойном пространстве подземной горной выработки при замене узлов крепления дисковых инструментов в трехгранных призмах на радиальных коронках проходческих комбайнов избирательного действия (патент РФ 128898) [8];

- защиты внутреннего пространства трехгранных призм и узлов крепления дискового инструмента от заштыбовки продуктами разрушения забойных массивов горных пород при эксплуатации проходческих комбайнов (патент РФ 134586) [9];

- процесса зарубки исполнительного органа проходческого комбайна избирательного действия с двумя соосными аксиальными коронками, разделенными корпусом раздаточного редуктора, на котором размещены четырехгранные призмы с породоразрушающими спаренными дисковыми инструментами (заявка на патент РФ 2013135402, решение о выдаче патента от 01.10.2013).

Продолжаются разработки по изысканию средств, повышающих эффективность пылеподавления в процессе разрушения, дробления и погрузки горной массы трехгранными призмами с

дисковым инструментом на коронках проходческого комбайна.

Установлено, что расширение фронта погрузки на всю ширину проводимой горной выработки, включая прибортовые зоны-коридоры, необслуживаемые столом питателя погрузочного устройства, целесообразно осуществлять путем использования конструкции исполнительного органа по патенту РФ 2455486 [7] в виде сменного конструктивного модуля к широкому парку отечественных и зарубежных проходческих комбайнов избирательного действия.

Рекомендован процесс вертикальной зарубки для исполнительных органов как с двумя радиальными параллельно-осевыми реверсивными коронками, так и с двумя аксиальными коронками с использованием дискового инструмента, прикрепленного к трехгранным или к четырехгранным

призмам для обеспечения режима максимальной устойчивости проходческого комбайна избирательного действия.

Предложен для реализации комплект технических решений, на который разработана техническая документация по адаптации различных вариантов сменных конструктивных модулей к широкому спектру условий эксплуатации и схем обработки забоев при проходке подземных горных выработок на шахтах ОАО «СУЭК-Кузбасс».

Таким образом, реализация предложенных технических решений позволит сократить продолжительность проходческого цикла, повысить монтажно-демонтажную пригодность узлов крепления дискового инструмента на коронках исполнительных органов и расширить область применения проходческих комбайнов избирательного действия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Совершенствование конструкции продольно-осевых коронок проходческого комбайна избирательного действия / А.А. Хорешок, Л.Е. Маметьев, А.Ю. Борисов, С.Г. Мухортиков // Горное оборудование и электромеханика. – 2010. – № 5. – С. 2–6.
2. Распределение напряжений в узлах крепления дискового инструмента на коронках проходческих комбайнов / А.А. Хорешок, Л.Е. Маметьев, В.В. Кузнецов, А.Ю. Борисов, А.В. Воробьев // Вестн. Кузбасского гос. тех. ун-в. – 2012. – № 6. – С. 34–40.
3. Напряженное состояние узлов крепления дискового инструмента в трехгранных призмах радиальных коронок / Л.Е. Маметьев, А.А. Хорешок, А.Ю. Борисов, А.В. Воробьев // Вестн. Кузбасского гос. тех. ун-в. – 2013. – № 2. – С. 22–25.
4. Разработка реверсивных коронок для проходческих комбайнов с дисковым инструментом на сменных трехгранных призмах / А.А. Хорешок, Л.Е. Маметьев, А.Ю. Борисов, С.Г. Мухортиков, А.В. Воробьев // Горное оборудование и электромеханика. – 2013. – № 9. – С. 40–44.
5. SolidWorks 2007/2008. Компьютерное моделирование в инженерной практике / А.А. Алямовский, А.А. Собачкин, Е.В. Одинцов, А.И. Харитонович, Н.Б. Пономарев. – СПб.: БХВ-Петербург, 2008. – 1040 с.: ил. + DVD – (Мастер).
6. Пат. 2494253 РФ : МПК E 21 C 27/02 (2006.01), E 21 C 35/24 (2006.01). Проходческий комбайн / Антонов Ю.А., Горощенко Н.О., Буялич Г.Д. ; патентообладатель Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. профессион. образования «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева» (КузГТУ). – № 2012113667/03 ; заявл. 06.04.2012 ; опубл. 27.09.2013, Бюл. № 27. – 8 с.
7. Пат. 2455486 РФ : МПК E 21 C 25/18, E 21 C 27/24 (2006.01). Исполнительный орган проходческого комбайна / Маметьев Л.Е., Хорешок А.А., Борисов А.Ю., Кузнецов В.В., Мухортиков С.Г. ; патентообладатель Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. профессион. образования «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева» (КузГТУ). – № 2010141881/03 ; заявл. 12.10.2010 ; опубл. 10.07.2012, Бюл. № 19. – 14 с.
8. Пат. 128898 РФ : МПК E 21 C 27/00 (2006.01). Узел крепления дискового инструмента в трехгранной призме / Маметьев Л.Е., Хорешок А.А., Борисов А.Ю., Мухортиков С.Г., Воробьев А.В. ; патентообладатель Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. профессион. образования «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева» (КузГТУ). – № 2013100882/03 ; заявл. 09.01.2013 ; опубл. 10.06.2013, Бюл. № 16. – 2 с.
9. Пат. 134586 РФ : МПК E 21 C 27/00 (2006.01). Устройство для защиты внутреннего пространства трехгранной призмы от продуктов разрушения / Маметьев Л.Е., Хорешок А.А., Борисов А.Ю., Цехин А.М. ; патентообладатель Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. профессион. образования «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева» (КузГТУ). – № 2013127350/03 ; заявл. 14.06.2013 ; опубл. 20.11.2013, Бюл. № 32. – 2 с.

□ Авторы статьи:

Маметьев Леонид Евгеньевич, д.т.н., профессор каф. горных машин и комплексов КузГТУ. тел. 8(3842) 39-69-40	Хорешок Алексей Алексеевич, д-р техн. наук, проф., зав. лаб. средств механизации отработки угольных пластов Института угля СО РАН.тел. 8(3842) 39-69-40.	Борисов Андрей Юрьевич, ст. преподаватель каф. горных машин и комплексов КузГТУ E-mail: bau.asp@rambler.ru	Воробьев Алексей Васильевич, к.т.н., доцент каф. горно- шахтного оборудования (Юргинский технологический институт (филиал) ТПУ), E-mail: vorob@tpu.ru
---	--	---	---

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 трубопроводом методом конечных элементов 30

ГЕОТЕХНОЛОГИЯ

- В.И. Клишин, У. Кисслинг, 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-дихлорэтанола 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 обобщённого 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