

ВЕСТНИК РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

(Западно–Сибирское
отделение)

Выпуск 20,
2017 г.

Редакционная коллегия

Е.В. Протопопов

(отв. редактор)

М.В. Темлянец

(зам. отв. редактора)

К.Г. Громов

В.Г. Лукьянов

В.Н. Нестеров

В.М. Самаров

П.С. Чубик

С.М. Простов

Печатается по решению

Президиума

Западно–Сибирского

отделения Российской

академии

естественных наук

© Российская академия
естественных наук,
Западно–Сибирское
отделение, 2017

© Издательский центр
Сибирского
государственного
индустриального
университета

Адрес редакции: 654007

г. Новокузнецк, ул.

Кирова, 42,

Сибирский

государственный

индустриальный

университет

тел. 8–3843–78–44–55

http: www.sibsiu.ru

ISSN 2311–9519

Содержание

РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА	3
<i>В.И. Исаев, А.К. Исагалиева, Г.А. Лобова</i>	
Геологическое приложение геотермии как метода разведочной геофизики (на примере оценки позднеэоценовой эрозии на площадях п-ова Ямал).....	3
<i>В.И. Исаев, В.В. Стоцкий, Ж.Б. Досымбекова</i>	
Геотемпературные условия генерации баженовских нефтей в Колтогорском мезопрогибе.....	9
<i>С.И. Панычев, В.Г. Лукьянов</i>	
Основные направления развития нефтегазодобывающей промышленности Томской области.....	15
<i>И.Г. Яценко</i>	
Физико-химические свойства сернистой нефти.....	26
<i>И.Г. Яценко, Ю.М. Полищук</i>	
Особенности трудноизвлекаемых нефтей высокого качества в криолитозоне Западной Сибири.....	41
ГЕОТЕХНОЛОГИЯ И ГЕОМЕХАНИКА	52
<i>В.И. Исаев, А.Ж. Байкенжина</i>	
Геологические факторы выбросоопасности угольных пластов Карагандинского бассейна и возможности их геолого-геофизического прогноза.....	52
<i>М.С. Паровинчак, В.Г. Лукьянов, О.М. Гринев, В.Н. Ростовцев</i>	
Освоение Бакчарского железорудного месторождения в Томской области – главный проект стратегии развития Сибири на ближайшие десятилетия.....	57
<i>С.Н. Харламов, С.И. Сильвестров, В.В. Зайковский, Е.В. Николаев</i>	
О проблемах математического моделирования процессов переноса импульса, тепла и массы в углеводородных вязких средах в условиях сложного движения и тепломассопереноса в трубопроводах.....	67
МЕТАЛЛУРГИЯ	90
<i>С.Н. Кузнецов, Е.В. Протопопов, М.В. Темлянец, С.В. Фейлер</i>	
Исследование потерь тепла через футеровку конвертера с применением математической модели.....	90
<i>С.Н. Кузнецов, Е.В. Протопопов, М.В. Темлянец, С.В. Фейлер, Л.А. Ганзер, А.Н. Калиногорский</i>	
Современные технологии выплавки стали с использованием железосодержащих продуктов переработки конвертерных шлаков.....	95
<i>Р.А. Шевченко, С.Н. Кратько, П.Е. Шишкин, Н.А. Козырев, В.И. Базайкин</i>	
Оптимизация технологических параметров процесса контактной сварки рельсов на машине К1000 методами математического моделирования.....	101
<i>Р.А. Шевченко, В.И. Базайкин, С.Н. Кратько, Н.А. Козырев, П.Е. Шишкин</i>	
Исследование токового режима сварочной машины К1000 при сварке рельсов.....	106
<i>С.В. Князев, Д.В. Скопич, Е.А. Фатьянова, А.А. Усольцев, А.И. Куценко</i>	
Ключевые показатели качества литой стали.....	111
<i>Р.А. Шевченко, Н.А. Козырев, А.О. Патрушев, С.Н. Кратько, Р.Е. Крюков</i>	
Определение оптимальных режимов работы рельсосварочной машины К1000.....	118
АГРОТЕХНОЛОГИИ	127
<i>В.И. Мяленко</i>	
Резервы повышения производительности земледельческих орудий.....	127

<i>В.И. Мясенко</i>	
Метод определения реакций в опорах многоопорных конструкций.....	131
<i>Л.Я. Макаренко, Н.В. Берестова</i>	
Комплексное изучение различных пород кроликов при акселерационном способе содержания для использования на продовольственные цели Кемеровской области.....	134
<i>Т.А. Атапина, Н.Н. Чуманова, М.Ю. Сергеева</i>	
Влияние гуминатрина на биологические и хозяйственные признаки сортов овса в условиях лесостепи Кемеровской области.....	139
<i>А.П. Гришкова, Н.А. Чалова, А.А. Аришин</i>	
Влияние генотипа терминальных хряков на продуктивность финального гибрида.....	144
<i>В.М. Самаров</i>	
Почвозащитная обработка почвы в Кузнецкой котловине.....	150
<i>С.Н. Рассолов, С.Н. Витязь</i>	
Переваримость питательных веществ ремонтных свинок при использовании иммунонутриентов в их рационе.....	153
<i>С.И. Рудакова</i>	
Биологическая составляющая технологии возделывания гороха и ее экологическая оценка.....	156
БИОМЕДИЦИНА И ЭКОЛОГИЯ	161
<i>В.В. Захаренков, И.В. Виблая</i>	
О внедрении в г. Новокузнецке комплексной муниципальной целевой программы «Образование и здоровье».....	161
<i>В.В. Захаренков, Р.А. Голиков, А.М. Олещенко, Д.В. Суржиков, В.В. Кислицына, Т.Г. Корсакова</i>	
Определение взаимозависимости между содержанием озона в атмосферном воздухе и содержанием ряда загрязняющих примесей.....	164
<i>Ю.А. Григорьев, О.И. Баран</i>	
Опыт многомерного статистического анализа в медико-демографических исследованиях.....	169
<i>Ю.А. Григорьев, О.И. Баран</i>	
Семейная политика и материнский капитал как меры воздействия на рождаемость в России.....	175
<i>Ю.А. Григорьев, О.И. Баран</i>	
Новые меры поддержки семей с детьми на региональном уровне.....	181
<i>А.А. Короткевич, Е.И. Рыбалко, М.Г. Жестикова, В.Е. Хомичева</i>	
Клинико-социальные аспекты реабилитации пациентов с цереброваскулярной болезнью в условиях первичного сосудистого отделения.....	187
ЭНЦИКЛОПЕДИЧЕСКИЕ ЗНАНИЯ И ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ	195
<i>Ю.П. Холушкин</i>	
Системная классификация понятия «Дифференцированное цитирование».....	195
ЭКОНОМИКА И СОЦИОЛОГИЯ	201
<i>В.А. Эпштейн, А.А. Гаспарян</i>	
15 лет денонсации договора ПРО и современное состояние российско-американского ракетно-ядерного противостояния.....	201
ЮБИЛЕИ	210
РЕФЕРАТЫ	215

3. Моделирование тепловой работы футеровки металлургических ковшей / Стариков В.С., Темлянцев М.В., Темлянцева Е.Н., Коробкин А.Ю. // Известия вузов. Чер. металлургия. – 2002. – № 10. – С. 55, 56.

4. Стариков В.С., Темлянцев М.В., Стариков В.В. Огнеупоры и футеровки в ковшевой металлургии. – М.: МИСиС, 2003. – 327 с.

УДК 669.184

*С.Н. Кузнецов, Е.В. Протопопов, М.В. Темлянцев, С.В. Фейлер,
Л.А. Ганзер, А.Н. Калиногорский*

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЫПЛАВКИ СТАЛИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ КОНВЕРТЕРНЫХ ШЛАКОВ

*ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»,
г. Новокузнецк*

В настоящее время вопросы обеспечения потребностей сталеплавильного производства металлическим ломом имеют особое значение в связи с сокращением доли «чистого» стального лома, его количественным дефицитом и прогрессирующим ухудшением качественных характеристик [1].

Металлический лом, поставляемый на металлургические предприятия, не соответствует предъявляемым к нему требованиям по содержанию примесей цветных металлов, а также физическим свойствам. Наблюдается снижение количества оборотного лома вследствие совершенствования технологии непрерывной разливки стали, а в амортизационном ломе из-за многократного переплава повышено содержание различных элементов, способствующих снижению эксплуатационных свойств металлопродукции. Их удаление при выплавке и внепечной обработке металла чрезвычайно затруднено или практически невозможно.

В металлургической практике существует целый ряд технологий по подготовке лома, однако эффективность их использования остается невысокой. В сложившихся условиях необходимо совершенствование традиционного состава и технологического режима формирования твердой металлошихты с использованием, в частности, железосодержащих продуктов переработки отвалных конвертерных шлаков [2].

Для исследования технологических параметров процесса провели серию опытных плавов на 160-т конвертерах АО «ЕВРАЗ ЗСМК» с заменой части металлического лома шлакостальными коржами. Последние представляют собой конгломерат металлической и шлаковой составляющих, который остается в шлаковых чашах после слива жидкого конвертерного шлака в яму шлакового отделения. Шлакостальные коржи извлекают из шлаковых чаш и загружают с металлическим ломом в конвертер в количестве 10 – 50 % от массы твердой металлошихты с соответствующей корректировкой тепловой

стороны процесса. В целом, режим присадки шлакообразующих материалов и дутьевой режим операции выдерживали в соответствии с технологической инструкцией и плавками текущего производства. На повалке конвертера фиксировали температуру, отбирали пробы металла и шлака для их последующего анализа.

В период проведения исследований технология выплавки стали характеризовалась следующими параметрами: вес металлозавалки (чугун + металлический лом) составлял 153 – 155 т, в том числе 24 – 27 % твердой металлошихты. Химический состав чугуна колебался в пределах : 0,35 – 0,65 % Si; 0,35 – 0,65 % Mn; 0,08 – 0,12 % P и 0,020 – 0,028 % S. Температура заливаемого чугуна при этом была в пределах 1290 – 1320 °С.

Перед заливкой чугуна, как правило, проводят предварительный подогрев металлического лома в конвертере. В качестве основного теплоносителя используется уголь Кузнецкого бассейна марки ТОМ. Кислород на сжигание угля подается с расходом 150 – 250 м³/мин. Продолжительность нагрева составляет не менее 6 мин.

Продувка металла кислородом в конвертерах ведется через 5-сопловую фурму с соплами Лаваля критического диаметра 0,035 м и углом их наклона к вертикальной оси 15°. Начинают операцию при положении фурмы относительно уровня спокойного металла 2,0 – 2,6 м, осуществляя наводку шлака в течение 3 – 4 минут, затем фурму опускают до 1,0 – 1,5 м. Продолжительность продувки составляет 20 – 21 минуту при расходе кислорода 350 – 450 м³/мин. Общий расход извести на плавку составляет 6 – 8 т, высокомагнезиального флюса ФОМИ 0,9 – 1,1 т, угля 2,7 – 3,1 т.

Необходимо отметить, что характерной особенностью работы конвертеров АО «ЕВРАЗ ЗСМК» является продувка чугунов с пониженным содержанием марганца, что создает определенные сложности в организации шлакового режима плавки и окислительном рафинировании металла. Использование же высокомагнезиальных флюсов для выплавки стали и повышения стойкости футеровки кислородных конвертеров предопределяет повышение вязкости конвертерных шлаков и снижение их рафинирующей способности [3]. Повышение температуры ванны при реализации предварительного подогрева металлического лома и шлакообразующих материалов улучшает кинетические параметры процесса, однако шлакообразование зачастую протекает с недостаточной скоростью и характеризуется неполным усвоением извести шлаком и затягиванием процессов удаления вредных примесей.

При этом на опытных плавках наблюдали характерные особенности, обусловленные ранним образованием активного шлака за счет оксидов кальция, магния и железа, содержащихся в шлаковой составляющей загруженных вместе с металлическим ломом шлакостальных коржей.

Известно, что состав шлака и его физические свойства изменяются в течение конвертерной плавки примерно по одной и той же схеме [4]. Шлак в конвертере формируется из образующихся при окислении примесей окислов и введенных в ванну шлакообразующих материалов: извести и

высокомагнезиального флюса. Первичные шлаки, которые образуются как продукт окисления железа и примесей чугуна (в первую очередь кремния и марганца), отличаются высокой ассимилирующей способностью по отношению к оксидам кальция и магния. В зависимости от температурных условий процесса и свойств шлакообразующих материалов растворение извести и высокомагнезиального флюса протекает с большей или меньшей скоростью: увеличивается основность шлака и, одновременно, содержание в нем оксида магния.

В составе шлаковой составляющей шлакостальных коржей часть CaO находится в связанном с SiO_2 и P_2O_5 состоянии, а другая в свободном, либо в составе ферритов и алюмоферритов кальция участвует в формировании шлака. Так при характерном составе шлаковой составляющей: 35 – 40 % CaO ; 13 – 15 % SiO_2 ; 1 – 1,5 % P_2O_5 , оксида кальция в составе силикатов будет связано 24,31 – 28,05 %; в составе фосфатов – 0,79 – 1,19 %. Таким образом технологическую ценность представляет 5,69 – 14,83 % CaO .

При этом, эвтектика шлаковой составляющей загружаемых шлакостальных коржей обогащена CaO -содержащими минеральными составляющими, что обусловлено относительно низкой температурой плавления последних [5], в результате можно предполагать их быстрый переход в жидкое состояние и участие в процессе шлакообразования с первых минут операции.

В соответствии с расчетными данными, при расходе загружаемых шлакостальных коржей 10 – 50 % от массы твердой металлошихты в начальный период продувки металла возможно увеличение содержания технологически ценного оксида кальция в шлаке на 4 – 9 %.

Шлаковая составляющая загружаемых шлакостальных коржей содержит также около 10 % MgO , преимущественно в виде магнезиовюстита и магнезиоферрита, и обеспечивает в начале продувки увеличение содержания оксида магния в конвертерном шлаке. При этом в конце продувки предупреждается его чрезмерное пересыщение MgO . Отмеченное способствует уменьшению вязкости первичного шлака и увеличивает степень гомогенизации конечного шлака, что в целом увеличивает кинетические возможности рафинирования металла от вредных примесей.

Таким образом, растворение шлаковой составляющей шлакостальных коржей позволяет улучшить шлакообразование в начале операции, однако при этом увеличивается общее количество шлака. При максимальном расходе шлакостальных коржей – 50 % от массы твердой металлошихты, расчетное увеличение количества шлака составляет 40 – 45 %, что, безусловно, изменяет гидродинамическую картину в агрегате и требует внесения соответствующих управляющих воздействий по корректировке расхода загружаемых вместе с металлическим ломом шлакостальных коржей или шихтовке плавки для предупреждения выбросов шлака из агрегата.

Анализ расчетных данных показал, что увеличение количества шлака может быть компенсировано при снижении содержания кремния в чугуне на 0,05 – 0,27 % или, с учетом физико-химических характеристик металла и

шлака, уменьшением массы металлозавалки на 3 – 14 т. В реальных производственных условиях предпочтительным является комплексный подход к оптимизации процесса.

В таблице 1 приведены технологические показатели продувки металла для опытных и сравнительных плавов. Для большей достоверности в обработку были взяты данные по плавкам сопоставимого сортамента. Плавки с нарушениями технологии и исправлениями конвертерной операции (додувками), как правило, в анализе и обработке не использовали.

Анализ химического состава металла на выпуске опытных плавов показал, заметное снижение содержания нежелательных примесей цветных металлов, в частности Cu, Ni, Cr, что обусловлено изменением качественного состава твердой металлошихты. Использование железосодержащего продукта переработки отвалных шлаков и соответствующее снижение расхода металлического лома, который является основным источником поступления примесей цветных металлов в конвертерную ванну при традиционной технологической схеме производства стали позволило обеспечить снижение концентрации, в частности, меди в металле перед выпуском из агрегата на 16 %, а никеля на 12,5 %. При увеличении количества перерабатываемых железосодержащих отходов возможно дальнейшее снижение содержания меди в выплавляемой стали.

Все опытные плавки характеризовались спокойным ходом продувки и незначительным количеством выбросов. При этом был снижен расход извести и высокомагнезимального флюса ФОМИ на 0,7 и 0,5 кг/т, соответственно, что позволило компенсировать поступление в конвертерную ванну шлаковой составляющей шлакостальных коржей, однако привело к некоторому снижению рафинирующих свойств конечного шлака, прежде всего его основности, и, соответственно, эффективности удаления вредных примесей.

В рассматриваемых условиях при невысокой температуре ванны в начале конвертерной плавки окисление фосфора осуществляется оксидами железа, поступающими, в том числе, из шлаковой составляющей растворяющихся шлакостальных коржей. Это обусловлено относительно низкой концентрацией кремния в передельном чугуна (0,4 – 0,5 %) и, соответственно, кремнезема в первичном шлаке, а также медленным ростом температуры ванны из-за большего охлаждающего эффекта шлакостальных коржей и наличием оксида кальция для связывания P_2O_5 в комплексы, прочно удерживающие фосфор в шлаке и понижающие его активность.

Содержание фосфора в металле перед выпуском на опытных плавках с использованием шлакостальных коржей составляет 0,017 % при основности конечного шлака, равной 2,66 ед., содержании оксида железа – 24,45 %, температуре металла – 1629 °С, концентрации фосфора в чугуна – 0,09 % (см. таблицу 1).

Таблица 1 – Технологические показатели продувки металла с использованием шлакостальных коржей

Показатели	Опытные плавки	Сравнительные плавки
Количество плавов	50	50
Расход ШСК, кг/т	14,94	0
Расход чугуна, кг/т	813	812
Температура чугуна, °С	1298	1305
Химический состав чугуна, %		
Si	0,43	0,42
Mn	0,46	0,48
S	0,025	0,024
P	0,090	0,082
Присадки в конвертер, кг/т		
ФОМИ	6,2	6,7
Известь	42,2	42,9
Уголь	20,7	19,2
Температура на повалке, °С	1629	1630
Химический состав металла на повалке, %		
C	0,049	0,062
Mn	0,105	0,155
S	0,029	0,028
P	0,017	0,017
Cu	0,057	0,068
Ni	0,028	0,032
Cr	0,034	0,046
Химический состав шлака, %		
CaO	40,9	40,6
SiO ₂	15,4	15,1
FeO	24,45	21,6
MgO	7,32	7,9
MnO	4,97	6,61
P ₂ O ₅	1,62	1,74
S	0,09	0,08
Основность	2,66	2,69
Коэффициенты распределения:		
(S)/[S]	3,10	3,13
(P ₂ O ₅)/[P]	109,96	117,77

Что касается содержания фосфора в металле перед выпуском на сравнительных плавках, то среднее значение находится на том же уровне, при этом обеспечивается более высокий коэффициент распределения фосфора между шлаком и металлом, что, видимо, обусловлено составом и количеством последнего.

В обычных условиях конвертерной плавки, как правило, шлак формируется с повышенным содержанием оксидов железа, что в целом неблагоприятно для удаления серы. Содержание серы в металле перед выпуском на опытных плавках с использованием шлакостальных коржей составляет 0,029 %, а на сравнительных плавках 0,028 % (см. таблицу 1). При этом необходимо отметить, что на опытных плавках окисленность шлака

несколько выше, чем на сравнительных, а основность шлака и температурные условия процесса практически идентичны.

Экономическую эффективность технологии выплавки стали с увеличенным до 10 – 50 % от массы твердой металлошихты расходом шлакостальных коржей оценивали с использованием методики определения сравнительной эффективности сталеплавильных процессов. В качестве основных показателей использовали себестоимость стали и приведенные затраты, отражающие процесс снижения металлоемкости продукции (расходные коэффициенты на сырье и материалы, выход жидкой стали).

Анализ себестоимости стали, выплавленной с использованием шлакостальных коржей (таблица 2, варианты 1, 2) показал, что по варианту 1 при расходе шлакостальных коржей – 10 % от массы твердой металлошихты можно прогнозировать снижение себестоимости стали на 104,03 руб/т, что также обусловлено рекомендуемым изменением расхода шлакообразующих материалов (извести и высокомагнезистого флюса ФОМИ) и угля ТОМ.

По варианту 2, при использовании вместе с металлоломом шлакостальных коржей в количестве 50 % от массы твердой металлошихты, расчетное снижение себестоимости стали составляет 605,72 руб/т при соответствующем изменении расхода извести, флюса ФОМИ, угля ТОМ и кислорода, а также более значительное, по сравнению с вариантом 1, изменение выхода жидкой стали.

Таблица 2 – Сравнение затрат при производстве стали с использованием шлакостальных коржей

Наименование	Цена	Базовый вариант		Вариант 1		Вариант 2	
		кг/т	руб/т	кг/т	руб/т	кг/т	руб/т
Чугун	13340,91	813,84	10857,37	821,23	10955,96	850,83	11350,85
Лом	13309,08	287,09	3820,90	260,73	3470,08	150,02	1997,43
ШСК	4132,08	–	–	28,97	119,71	150,02	620,06
Ферросплавы	58913,86	8,89	523,74	8,89	523,74	8,89	523,74
Итого металлошихты, кг/т		1109,82	15202,01	1119,82	15069,49	1159,82	14491,41
Известь	2595,71	49,67	128,93	48,61	126,18	44,12	114,52
ФОМИ	6996,32	7,05	49,32	6,97	48,76	5,89	41,21
ФМ-1	6120,00	3,38	20,69	3,41	20,87	3,53	21,60
Кислород, м ³ /т	3393,99	55,94	189,86	56,23	190,84	57,48	195,09
Уголь	7679,76	19,13	146,91	20,51	157,51	21,87	167,96
Расходы по переделу			1002,09		1022,13		1102,30
Себестоимость			16739,81		16635,78		16134,09

Таким образом снижение затрат на производство стали при частичной замене металлического лома железосодержащими отходами и технологические показатели окислительного рафинирования металла в 160-т конвертерах АО «ЕВРАЗ ЗСМК» свидетельствуют об экономических перспективах процесса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Петракова, Т.М. Итоги работы предприятий черной металлургии России за 9 мес. 2016 г. / Т.М. Петракова, И.М. Иванова // Черная металлургия. – 2017. – № 1. – С. 3 – 16.
2. Кузнецов, С.Н. Металлургические технологии переработки техногенных месторождений, промышленных и бытовых отходов: монография / С.Н. Кузнецов, Е.П. Волюнкина, Е.В. Протопопов, В.Н. Зоря. – Новосибирск : Издательство СО РАН, 2014. – 294 с.
3. Протопопов, Е.В. Исследование особенностей формирования гарнисажа на футеровке большегрузных конвертеров при использовании высокомагнезиальных флюсов / Е.В. Протопопов, А.А. Пермяков, А.Н. Калиногорский // Проблемы черной металлургии и материаловедения. – 2013. – № 4. – С. 32 – 35.
4. Протопопов, Е.В. Исследование фазовых равновесий в шлаковом расплаве при выплавке стали с использованием высокомагнезиальных флюсов / Е.В. Протопопов, А.Н. Калиногорский, Н.Ф. Якушевич // Вестник Российской академии естественных наук. Западно-Сибирское отделение. 2016. № 18. С. 64 – 69.
5. Amelin, A.V. Formation of magnesia-slag coating on the lining of large converters / A.V. Amelin, E.V. Protopopov, A.N. Kalinogorskii, S.V. Feiler // Steel in Translation. – 2014. – Vol. 44. – № 7. – P. 513 – 516.

УДК 625.143.48

*Р.А. Шевченко¹, С.Н. Кратько², П.Е. Шишкин¹, Н.А. Козырев¹,
В.И. Базайкин¹*

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА КОНТАКТНОЙ СВАРКИ РЕЛЬСОВ НА МАШИНЕ К1000 МЕТОДАМИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

¹ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»,
г. Новокузнецк

²ООО «РСП-М» структурное подразделение рельсосварочное предприятие
№29 (РСП-29), п.г.т. Промышленный

Самым широко используемым методом сварки рельсов в России является электроконтактный способ (ЭС). При этом основную часть рельсов сваривают

Научное издание

ВЕСТНИК
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК
ЗАПАДНО–СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

Выпуск 20, 2017 г.

В авторской редакции

Подписано в печать 03.10.2017 г. Формат бумаги 60×84 1/8. Бумага писчая.
Печать офсетная. Усл. печ.л. 13,32. Уч.–изд.л. 14,89. Тираж 300 экз. Заказ № 469

Отпечатано в
Издательском центре
Сибирского государственного индустриального университета